



**Duarte Nuno Teixeira da Mota**

*Licenciado em Engenharia Civil*

**Aplicação da Metodologia *Lean* às  
Atividades da Produção e Manutenção  
numa Empresa de Fabricação de  
Embalagens**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas,

Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Virgílio António Cruz Machado

Vogais : Prof. Doutor Fernando Manuel Martins Cruz

Prof. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março 2018**



# **Aplicação da metodologia *Lean* às atividades da produção e manutenção numa empresa de fabricação de embalagens**

*Copyright* © em nome de Duarte Nuno Teixeira da Mota, da FCT/UNL e da UNL.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer a todos que de algum modo me ajudaram na realização deste trabalho, em particular:

À Professora Helena V. G. Navas agradeço a disponibilidade que demonstrou durante a elaboração deste trabalho pelos esclarecimentos e ensinamentos que me transmitiu.

Aos responsáveis e colaboradores da Empresa Sacopor, pela oportunidade e facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Edgar pelos ensinamentos e acompanhamento da realização do trabalho durante o período de estágio feito na empresa.

Aos meus pais e irmã pela ajuda e estímulo sempre presentes, bem como no empenho interessado com a minha formação académica.

A todos os meus amigos que me deram a força e o apoio necessário para prosseguir.



## RESUMO

No mundo industrial são as organizações mais criativas e habilitadas que apresentam os melhores resultados. O melhor desempenho, o aumento do conhecimento e a utilização das melhores tecnologias são armas que as empresas devem utilizar para impulsionarem a capacidade competitiva.

O trabalho foi realizado na Sacopor, empresa do Grupo *InterCement* que fabrica sacos de papel maioritariamente para fábricas de cimento.

O objetivo principal foi avaliar as atividades da produção e da manutenção realizadas na empresa, sugerir e acompanhar a implementação das propostas de melhoria.

Para melhor conhecimento do desempenho das atividades fabris foram avaliados e acompanhados os indicadores de gestão da manutenção e da produção.

No decorrer do estudo, foram identificadas algumas práticas que carecem de melhoria, nomeadamente da necessidade de redução dos desperdícios de papel produzidos devido a anomalias frequentes no processo de fabrico e redução do consumo da energia elétrica. Os desperdícios do consumo de energia foram causados, entre outras causas, por utilização de equipamentos de eficácia reduzida e hábitos comportamentais. Para a resolução foram implementados ciclos *PDCA*, cujas ações de melhoria resultaram de sessões de *brainstorming* nas reuniões com as equipas de implementação.

Para melhorar a codificação de máquinas foi proposto um sistema de codificação com o objetivo de clarificar a identificação dos equipamentos fabris e facilitar a adaptação a eventual sistema informático de gestão da manutenção que a empresa venha a utilizar.

Foi proposta a necessidade de implementação de um sistema de gestão da manutenção que possa interligar com o sistema informático existente na empresa para a transferência de dados, que permita ao responsável gerir de modo adequado as atividades do serviço. A implantação deverá ser um objetivo a alcançar a curto prazo.

Para que as ações de limpeza e arrumação das instalações sejam consideradas sustentáveis foi proposta e iniciada a aplicação da metodologia 5S.

### Palavras-chave

Produção, Manutenção, *PDCA*, Filosofia *Lean*, Desperdícios, Melhoria Contínua.





## **ABSTRACT**

In the industrial world the most creative and skilled organizations are the ones that present the best results. Better performance, increased knowledge and use of the best technologies are weapons that companies must use to boost competitive capacity.

The work was carried out at Sacopor, an InterCement Group company that manufactures paper bags mostly for cement plants.

The main objective was to evaluate the production and maintenance activities carried out in the company, to suggest and follow up the improvement proposals.

During the study, some practices that need improvement have been identified, namely the need to reduce the paper waste produced due to frequent anomalies in the manufacturing process and reduction of the consumption of electric energy. The waste of energy consumption was caused, among other causes, by the use of equipment of reduced effectiveness and behavioral habits. For the resolution, PDCA cycles were implemented, whose improvement actions resulted from brainstorming sessions in the meetings with the implementation teams.

In order to improve the coding of machines, a code was proposed to clarify the identification of the factory equipment and to facilitate the adaptation to any computerized maintenance management system that the company may use.

The need to implement a computerized maintenance management system that can interconnect with the existing system in the company for the transfer of data was proposed, which would allow the person responsible to manage properly the activities of the service. The implementation should be a goal to achieve in the short term.

In order to be considered sustainable, the actions of cleaning and storage of the facilities, the application of the 5S methodology was proposed and initiated.

## **Keywords**

Production, Maintenance, PDCA, Lean Philosophy, Waste, Continuous Improvement.



# ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMENTOS .....  | v    |
| RESUMO .....  | vii  |
| ABSTRACT .....  | ix   |
| ÍNDICE .....  | xi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                     | xiii |
| ÍNDICE DE TABELAS .....                                     | xv   |
| ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS .....                      | xvii |
| SIMBOLOGIA .....  | xix  |
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 1    |
| 1.1 Enquadramento e Objetivos do Estudo.....                | 1    |
| 1.2 Metodologia de Estudo.....                              | 2    |
| 1.3 Estrutura da Dissertação .....                          | 3    |
| 2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL .....                               | 5    |
| 2.1 História da Manutenção .....                            | 5    |
| 2.2 Definição de Manutenção.....                            | 6    |
| 2.3 Tipos de Manutenção .....                               | 7    |
| 2.4 Manutenção de Melhoria.....                             | 17   |
| 2.5 Manutenção Produtiva Total .....                        | 18   |
| 2.6 Manutenção Centrada na Fiabilidade .....                | 21   |
| 2.6.1 Fiabilidade .....                                     | 23   |
| 2.6.2 Manutibilidade .....                                  | 25   |
| 2.6.3 Disponibilidade .....                                 | 26   |
| 2.7 Manutenção <i>Lean</i> .....                            | 26   |
| 2.7.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act.....                          | 28   |
| 2.7.2 Metodologia 5S.....                                   | 29   |
| 2.7.3 Diagrama de <i>Ishikawa</i> .....                     | 31   |
| 2.7.4 Brainstorming .....                                   | 33   |
| 2.7.5 Matriz GUT .....                                      | 34   |
| 3 EMPRESA SACOPOR.....                                      | 37   |
| 3.1 Introdução.....   | 37   |
| 3.2 Organograma da Empresa.....                             | 38   |
| 3.3 Planta das Instalações .....                            | 40   |
| 4 PROCESSO PRODUTIVO E MANUTENÇÃO PRATICADA NA EMPRESA..... | 41   |
| 4.1 Processo Produtivo .....                                | 41   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Máquina de produção de tubos de papel .....  | 42 |
| 4.1.2 | Máquina de produção de fundos dos sacos .....  | 44 |
| 4.1.3 | Indicadores de produção .....  | 48 |
| 4.2   | Manutenção Praticada na Empresa .....  | 50 |
| 4.2.1 | Manutenção preventiva .....  | 51 |
| 4.2.2 | Manutenção corretiva .....   | 53 |
| 4.2.3 | Manutenção das infraestruturas e gestão de equipamentos de medição e monitorização ..... | 54 |
| 4.3   | Oportunidades de Melhoria .....  | 55 |
| 5     | PROPOSTAS DE MELHORIA .....  | 59 |
| 5.1   | Redução do Desperdício de Papel e do Consumo de Energia Elétrica. ....                   | 59 |
| 5.1.1 | Redução do desperdício de papel.....   | 62 |
| 5.1.2 | Redução do consumo de energia elétrica.....  | 69 |
| 5.2   | Codificação de Máquinas .....  | 75 |
| 5.3   | Sistema Informático da Gestão da Manutenção .....  | 77 |
| 5.4   | Implementação da Metodologia 5S.....   | 78 |
| 6     | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....  | 83 |
| 6.1   | Redução da Taxa de Desperdício de Papel .....  | 83 |
| 6.2   | Redução do Consumo de Energia Elétrica .....   | 84 |
| 6.3   | Aumento do Índice de Fiabilidade Global .....  | 86 |
| 7     | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....                                       | 87 |
|       | BIBLIOGRAFIA.....  | 89 |
|       | ANEXOS.....  | 91 |
|       | Anexo 1 - Plano de Lubrificação.....   | 91 |
|       | Anexo 2 – Registo de Lubrificação .....  | 92 |
|       | Anexo 3 – Pedido de Intervenção.....   | 93 |
|       | Anexo 4 – Registo da Limpeza Semanal .....   | 94 |
|       | Anexo 5 – Planta das Instalações .....   | 95 |
|       | Anexo 6 – Código dos Equipamentos Principais.....  | 96 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 - Tipos de manutenção .....                                     | 7  |
| Figura 2.2 - Análise de vibrações.....                                     | 10 |
| Figura 2.3 - Análise de óleos.....   | 12 |
| Figura 2.4 - Análise termográfica .....                                    | 13 |
| Figura 2.5 - Medição de espessuras .....                                   | 14 |
| Figura 2.6 - Análise das formas de onda .....                              | 15 |
| Figura 2.7 - Funcionamento de motor .....                                  | 16 |
| Figura 2.8 - Curva da banheira .....                                       | 24 |
| Figura 2.9 - Indicador MTBF .....  | 26 |
| Figura 2.10 - Relação entre Lean com outras vertentes da Organização ..... | 27 |
| Figura 2.11 - Ciclo PDCA .....   | 28 |
| Figura 2.12 - Princípios da metodologia 5S .....                           | 30 |
| Figura 2.13 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> .....                            | 32 |
| Figura 3.1 - Instalações da Sacopor .....                                  | 37 |
| Figura 3.2 - Organograma da empresa.....                                   | 39 |
| Figura 4.1 - Fluxo produtivo .....   | 41 |
| Figura 4.2 - Impressora flexográfica.....                                  | 42 |
| Figura 4.3 - Desbobinadora.....  | 42 |
| Figura 4.4 - Formação do tubo.....   | 43 |
| Figura 4.5 - Separação dos tubos .....                                     | 44 |
| Figura 4.6 - Transportadores.....  | 44 |
| Figura 4.7 - Alimentador da máquina de fundos .....                        | 45 |
| Figura 4.8 - Telas de prensagem .....                                      | 46 |
| Figura 4.9 - Paletização .....   | 47 |
| Figura 4.10 - Cintagem.....  | 47 |
| Figura 4.11 - Manutenção praticada na empresa .....                        | 51 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.12 – Resíduos em locais de movimentação .....  | 56 |
| Figura 4.13 - Latas de tinta sem proteção .....   | 56 |
| Figura 4.14 - Armazém de peças .....  | 57 |
| Figura 5.1 - Fluxograma do PDCA.....  | 61 |
| Figura 5.2 - Diagrama de Pareto - Problemas .....   | 63 |
| Figura 5.3 - Causas do problema - Rejeição de sacos em curso do processo .....                | 63 |
| Figura 5.4 - Causas do problema - Mudança do formato do saco.....                             | 64 |
| Figura 5.5 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> – Despedício do consumo de energia.....              | 70 |
| Figura 5.6 - Arrumação e identificação de materiais antes da aplicação da metodologia 5S .... | 81 |
| Figura 5.7 - Arrumação e identificação de materiais depois da aplicação da metodologia 5S ..  | 81 |
| Figura 6.1 - Valores da taxa de desperdício de papel .....                                    | 84 |
| Figura 6.2 - Evolução do consumo de energia elétrica.....                                     | 85 |
| Figura 6.3 - Evolução dos valores do índice de fiabilidade .....                              | 86 |
| Figura A1 - Pedido de intervenção.....  | 93 |
| Figura A2 - Planta das instalações.....   | 95 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 - Tabela de pontuação da matriz GUT(adaptado de Lucinda,2010) .....      | 35 |
| Tabela 2.2 - Exemplo de matriz GUT (Adaptado de Lucinda, 2010) .....                | 35 |
| Tabela 5.1 - Caraterização do PDCA da redução de desperdício de papel .....         | 60 |
| Tabela 5.2 - Caraterização do PDCA da redução do consumo de energia elétrica .....  | 60 |
| Tabela 5.3 - Classificação da prioridade das causas da rejeição de sacos .....      | 64 |
| Tabela 5.4 - Classificação da prioridade das causas da mudança de formato .....     | 65 |
| Tabela 5.5 - Plano de ação de redução do desperdício de papel .....                 | 67 |
| Tabela 5.6 - Classificação da prioridade das causas do desperdício de energia ..... | 71 |
| Tabela 5.7 - Plano de ação para a redução do consumo de energia elétrica .....      | 73 |
| Tabela 5.8 - Codificação dos equipamentos fabris .....                              | 77 |
| Tabela 5.9 - Registo de auditoria .....   | 80 |
| Tabela 5.10 - Pontuação da auditoria .....  | 80 |
| Tabela 6.1 - Taxa de desperdício de papel.....                                      | 84 |
| Tabela 6.2 - Consumo de energia elétrica .....                                      | 85 |
| Tabela 6.3 - Índice de fiabilidade global.....                                      | 86 |
| Tabela A1 - Plano de lubrificação da linha 1 .....                                  | 91 |
| Tabela A2 - Registo de lubrificação mensal.....                                     | 92 |
| Tabela A3 - Registo da limpeza semanal .....  | 94 |
| Tabela A4 - Códigos dos equipamentos principais.....                                | 96 |





## ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

APMI – Associação Portuguesa de Manutenção Industrial

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CT – Comissão Técnica

EMM – Equipamentos de Monitorização e Medição

*FMEA – Failure Mode and Effect Analysis*

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência

*ISO – International Organization for Standardization*

*LED – Light Emitting Diode*

*MCA – Motor Circuit Analysis*

*MCSA – Motor Current Signature Analysis*

*TPM – Total Productive Maintenance*

*MTBF – Mean Time Between Failures*

*MTTF – Mean Time To Failure*

*MTTR – Mean Time To Repair*

NC – Não conformidade

NP – Norma Portuguesa

*OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series*

*PDCA – Plan, Do, Check, Act*

PI – Pedido de Intervenção

*RCM – Reliability Centered Maintenance*

SSMA – Segurança, Saúde e Meio Ambiente



## **SIMBOLOGIA**

Col – cola consumida

Ccol – consumo de cola por saco produzido

Cti – consumo de tinta por saco produzido

Disp – disponibilidade dos equipamentos

Fdisp – fator de disponibilidade dos equipamentos

Fmp – fator de manutenção programada

ID – índice de disponibilidade

IP – índice de produtividade

IQ – índice de Qualidade

N – número de avarias

Ntur – número de turnos

Pcons – papel consumido

Pdesp – papel desperdiçado

Pfab – número de peças fabricadas

Pnc – número de peças fabricadas não conformes

Prod – produção

Psac – índice de produção de sacos

Tdesp – taxa de desperdício de papel

Tdisp – tempo disponível para funcionamento

Tf – tempo de funcionamento

Tfp – tempo de fabrico teórico

Ti – tinta consumida

Tpar – tempo de paragens não programadas

Tpp – tempo de paragens programadas

Tpr – tempo de produção

Ttpm – tempo total de paragem para manutenção

Spr – sacos produzidos

$Stur$  – produção de sacos por turno

$V_{sac}$  – velocidade de produção de sacos

$\lambda$  – taxa de avarias

$\Delta F$  – variação de frequência

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são descritos o âmbito dos trabalhos realizados, os objetivos pretendidos e a metodologia usada para os alcançar. Para melhor entendimento do trabalho é apresentado o modo como está estruturada a dissertação.

## 1.1 Enquadramento e Objetivos do Estudo

A elevada concorrência no fabrico de embalagens e sacos de papel, vinda de empresas nacionais e estrangeiras, torna essencial a implementação de métodos de melhoria contínua em todas as áreas das organizações.

Esta dissertação surgiu na sequência da realização de estudo na Sacopor, empresa da *InterCement* que fabrica maioritariamente sacos de papel para as fábricas de cimento do grupo localizadas na Europa, África e América do Sul.

A dissertação pretendeu analisar os equipamentos industriais, as atividades de produção e manutenção e as metodologias utilizadas atualmente na empresa, assim como propor ações para melhorar o processo de produção e manutenção, com o objetivo de ajudar a empresa a reduzir o número de paragens de produção com intervenções corretivas, reduzir os desperdícios, diminuir os custos e aumentar a qualidade dos produtos.

Com as informações recolhidas nos contactos estabelecido com as chefias e a análise da documentação existente, nomeadamente, manuais dos equipamentos e documentos utilizados na manutenção, foi possível verificar que existe um modelo de organização e gestão da manutenção estabelecido.

A metodologia *Lean* encontra-se ligada diretamente à ideia de magreza e redução de desperdícios. As suas ferramentas são utilizadas para a padronização das rotinas de trabalho, otimização dos processos e motivação dos colaboradores, cujas ideias, conhecimentos e experiência são mais-valias para as empresas. É portanto uma ferramenta utilizada para o alcance dos objetivos propostos. Durante o estudo foi analisado como poderia ser aplicada nas práticas existentes para a otimização do funcionamento do fluxo produtivo, aumento da fiabilidade e redução dos custos.

Os indicadores de gestão são importantes ferramentas para controlar os objetivos e desempenhos das atividades fabris de maneira sistemática. Permitem também acompanhar as tendências e obter previsões que sustentam as decisões dos responsáveis.

## 1.2 Metodologia de Estudo

Como referido anteriormente o objetivo do trabalho foi estudar e analisar os aspetos do funcionamento dos equipamentos fabris e propor melhorias para aumento da qualidade dos produtos finais, redução das paragens, aumento da fiabilidade e redução dos desperdícios. O plano para atingir estes objetivos compreendeu várias fases.

Na primeira fase foram recolhidos os dados e informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Foram contactados os responsáveis dos departamentos e obtidas informações úteis relacionadas com a organização, o processo de fabrico e os tipos de manutenção utilizados. Foi avaliado o funcionamento do processo de fabrico, as linhas de produção e as atividades da manutenção, tendo sido recolhidas informações relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

Com as informações recolhidas foi feita a análise conjunta com os responsáveis dos departamentos que deram origem à identificação de oportunidades de melhoria. Daí resultou que o objetivo principal deste projeto foi a formulação de propostas de melhorias para as oportunidades identificadas, com o fim de obter redução de custos.

Identificadas as oportunidades de melhoria, foram avaliadas quais as metodologias mais adequadas para a sua resolução. Foi selecionado o método do ciclo *PDCA* de melhoria contínua, por melhor se adaptar à persecução dos objetivos. Para a implementação do ciclo foram feitos vários *brainstormings* com as chefias, operadores e técnicos de manutenção das linhas de produção. Estas ações tiveram como objetivo fazer o envolvimento das pessoas mais ligadas e conhecedores aos problemas existentes com o fim de obter o máximo de informação e elevar a motivação do trabalho em equipa.

Como a implementação do ciclo *PDCA*, obedece ao cumprimento de uma sequência de atividades que compõem a estrutura do método foi necessário utilizar outras ferramentas da Qualidade nomeadamente o Diagrama de *Ishikawa* e a Matriz GUT os quais permitiram a identificação das causas fundamentais que davam origem aos problemas.

Na sequência da avaliação dos primeiros dados obtidos com a implementação do método, foi possível fazer a verificação da tendência dos resultados e compará-los com os objetivos definidos. Pôde-se assim avaliar a eficácia das ações implementadas.

Foi otimizada a codificação existente dos equipamentos da empresa com o objetivo da identificação clara e inequívoca daqueles, de modo que o código possa identificar cada equipamento e os seus componentes. Também poderá ser utilizado para outros fins, nomeadamente para planeamento da manutenção, contabilização dos custos e gestão do património.

Foi proposta e iniciada a aplicação da metodologia 5S nas instalações fabris para criar e manter um ambiente de trabalho organizado, limpo, seguro e agradável, que facilite o trabalho diário e ajude a fornecer serviço de qualidade nas áreas operacionais e administrativas, a obtenção de impactos positivos de Segurança, a redução dos custos e dos desperdícios operacionais.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

A dissertação está dividida em sete capítulos, ao longo dos quais se repartem as matérias tratadas.

No capítulo 1 é efetuada a introdução ao assunto da dissertação, a metodologia usada, e apresentada a estrutura da mesma.

O capítulo 2 é dividido em sete subcapítulos que fazem a introdução à manutenção, onde são referidos vários conceitos descritos por diversos autores, normas sobre a manutenção, os principais objetivos da manutenção, os diversos tipos de manutenção existente, a manutenção produtiva total, a manutenção centrada na fiabilidade e a manutenção *Lean*.

No capítulo 3 é feita a apresentação da empresa em 3 subcapítulos.

No capítulo 4 é descrito o processo produtivo e a manutenção realizada na empresa em 3 subcapítulos. São analisados o fluxo produtivo e os tipos de manutenção praticados, os principais indicadores e as oportunidades de melhoria.

No capítulo 5 são apresentadas, em 4 subcapítulos, as propostas de melhoria da produção e manutenção. É descrita a implementação dos *PDCA*, a codificação dos equipamentos, o sistema informático de gestão da manutenção e a implementação da metodologia 5S.

No capítulo 6 é feita a discussão dos resultados com tabelas e gráficos, dos resultados da redução do desperdício de papel, da redução do consumo de energia elétrica e do aumento do índice de fiabilidade global.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões da dissertação, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Estão incluídos alguns anexos relacionados com os assuntos tratados.





## **2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

Neste capítulo é apresentado sucintamente o contexto histórico da manutenção, as suas definições, a importância nas organizações, a interligação com os outros departamentos, os conhecimentos necessários para o desenvolvimento e as novas metodologias.

### **2.1 História da Manutenção**

Segundo Kardec e Nascif (2009) a partir do princípio dos anos 30, do século passado, a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples, sobredimensionados e a produtividade não era prioritária. Não havia manutenção sistematizada, e os trabalhos resumiam-se às limpezas e lubrificações. A manutenção praticada era do tipo corretivo e estava dependente das condicionantes da produção. Esta situação manteve-se até aos anos 50.

A partir daí, a produção em massa nos países industrializados e a conjuntura internacional obrigava as empresas a produzir cada vez mais, altura em que os países industrializados eram obrigados a ter grandes níveis de produção. As empresas começaram a preocupar-se, não só a corrigir avarias mas também a evitar o seu aparecimento, o que aumentou o âmbito da manutenção que começou a atuar também na prevenção de anomalias para redução do número de paragens.

A evolução da aviação comercial naquela época, impôs necessidades de alterações ao tipo de manutenção praticado de modo a garantir a segurança de pessoas e bens. Foram desenvolvidos novos métodos preventivos e novos conceitos para a manutenção. Por estes motivos a manutenção foi ganhando importância e independência (Farinha, 2011).

Com esta forma de atuar no aspeto preventivo, surge a Engenharia de Manutenção com formas mais complexas de organização da manutenção das empresas através de planos de manutenção preventiva cuidadosamente estudados e de aplicação sistemática para obtenção de maior fiabilidade dos equipamentos dos processos de fabrico.

A utilização de instrumentos digitais de alta precisão permitiu a leitura dos parâmetros de funcionamento dos equipamentos e fazer o diagnóstico atempado de avarias. Surge então um novo conceito de manutenção – Manutenção preditiva - não baseada em períodos de tempo previamente fixados, mas controla-se o estado real do equipamento através de variáveis adequadas que determinam as intervenções de manutenção preventiva (Farinha, 2011).

As empresas líderes utilizam, cada vez mais, técnicas preditivas e a prática da engenharia de manutenção. A manutenção é considerada estratégica para as organizações, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com fiabilidade, segurança e com custos adequados.

De acordo com a tendência mundial, entender o tipo de manutenção adequada para cada organização é fator de continuidade, ou seja, não apenas para garantir a sobrevivência das organizações, mas possibilitar-lhes crescimento e desenvolvimento sustentado.

## **2.2 Definição de Manutenção**

Manutenção pode ser definida como um conjunto de ações que permitem manter o bom funcionamento ou estado de um equipamento ou bem. Existem várias definições de manutenção descritas na bibliografia técnica.

De acordo com a NP EN 13306:2007 a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.

Num conceito mais alargado e segundo Brito *et al.*, (2005): “manutenção industrial pode ser definida como o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um equipamento ou bem. De outra forma, pode-se definir manutenção como o conjunto das ações destinadas a garantir o bom funcionamento dos equipamentos, através de intervenções oportunas e corretas, com o objetivo de que esses mesmos equipamentos não avariem ou baixem seus rendimentos e, no caso de tal suceder, que a sua reparação seja efetiva e a um custo global controlado”. De acordo com o mesmo autor e de uma forma mais ampla, pode-se dizer que a manutenção de um equipamento ou bem é um conjunto de ações realizadas ao longo da vida útil desse equipamento ou bem, de forma a manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura.

Segundo Kardec e Nascif (2009), o conceito de que a função da manutenção é unicamente restabelecer as condições de funcionamento do equipamento é uma ideia do passado, atualmente, a manutenção deve contribuir para o cumprimento do programa de produção, com valores elevados de fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais, otimizando os recursos disponíveis com qualidade, segurança e preservação do meio ambiente, com os menores custos.

Também para Monchy e Vernier (2010), a manutenção não é só um conjunto de intervenções técnicas, está ligada a ações económicas e administrativas, que implicam polivalências.

## 2.3 Tipos de Manutenção

É importante conhecer os equipamentos do processo de fabrico para de acordo com suas exigências de funcionamento seja aplicado o tipo de manutenção conveniente tanto ao nível dos custos, como da disponibilidade dos equipamentos.

A manutenção pode ser dividida em manutenção planeada e manutenção não planeada. A hierarquia dos tipos de manutenção é indicada na figura 2.1.

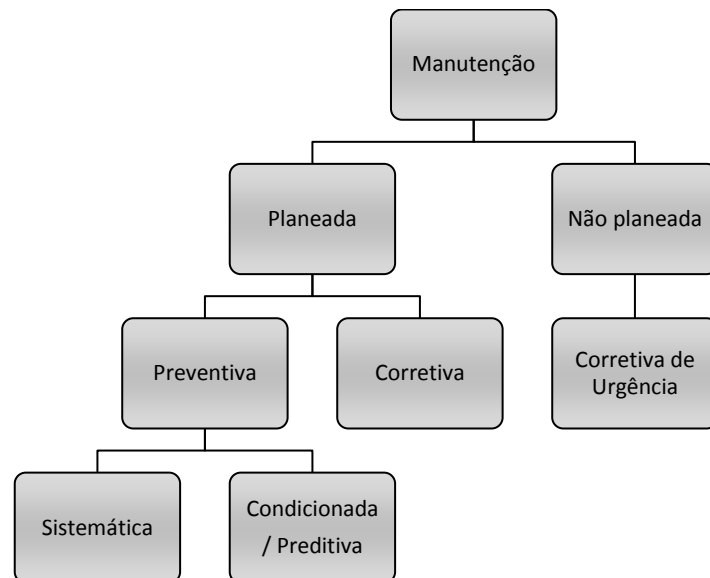


Figura 2.1 - Tipos de manutenção

A manutenção planeada obedece a um programa previamente estabelecido de ações e a manutenção não planeada inclui todas as intervenções não programadas nos equipamentos (Farinha, 2011).

### Manutenção preventiva

A manutenção preventiva de acordo com a norma NP EN 13306:2007 “é a manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou da degradação do funcionamento de um bem”.

O objetivo principal da manutenção preventiva é a prevenção da ocorrência de falha ou a paragem de um equipamento por avaria. A sua gestão está baseada no tempo decorrido ou no tempo de funcionamento. Este poderá ser substituído por outro parâmetro ligado ao funcionamento, por exemplo os quilómetros percorridos ou número de movimentos executados. A manutenção preventiva deve ser bem planeada e programada. Todas as etapas do serviço

devem estar bem definidas, assim como a garantia da existência dos recursos necessários para que não surjam imprevistos na hora de execução. Estes poderão tornar a ação preventiva numa ação corretiva.

Segundo Mobley (2002), as vantagens da manutenção preventiva são:

- a. Reduzir os riscos de avarias nos equipamentos;
- b. Os trabalhos podem ser planeados de acordo com a disponibilidade dos serviços e dos equipamentos;
- c. Existências de menor quantidade de peças de reserva, porque podem ser aprovisionadas durante o planeamento;
- d. Reduz os riscos ambientais e de segurança produzidos pelas avarias dos equipamentos;
- e. Melhora o estado operacional dos equipamentos.

Apesar das boas razões da manutenção preventiva, existem algumas desvantagens:

- a. Maus métodos operacionais que afetam a qualidade de execução;
- b. Má conceção ou definição dos trabalhos;
- c. Má preparação de trabalho, falha em tempos ou fases;
- d. Erros no aprovisionamento ou gestão de peças de reserva, com qualidade inferior;
- e. Má organização da manutenção dos tipos preventivos e corretivo;
- f. Frequente substituição de peças sem atingirem o final da sua via útil;
- g. Erros na contratação e subcontratação.

### **Manutenção preventiva sistemática**

A manutenção sistemática de acordo com a norma NP EN 13306:2007 “é a manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização mas sem controlo prévio do estado do bem”. As ações de manutenção são planeadas para serem executadas periodicamente, com intervalos medidos numa determinada unidade de tempo ou outra variável que traduza o funcionamento do equipamento (Farinha, 2011).

### **Manutenção preventiva condicionada / preditiva**

A manutenção preditiva é, segundo a norma NP EN 13306:2007, a manutenção condicionada efetuada de acordo com previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação de um bem. Pode ser definida também como um conjunto de

medidas que detetam o desgaste ou início da degradação dos equipamentos ou componentes, cuja avaliação permite a correção antes da falha. A manutenção preditiva difere da preventiva sistemática porque a manutenção é feita pela avaliação do estado real do equipamento e não devido ao planeamento baseado em tempos de funcionamento.

As principais vantagens são (Sullivan *et al.*, 2004):

- a. Os trabalhos podem ser planeados de acordo com a disponibilidade dos serviços e dos equipamentos;
- b. Determinação antecipada da necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- c. Evita intervenções desnecessárias nos equipamentos;
- d. Redução das avarias;
- e. Redução dos custos;
- f. Aproveitar a vida útil total dos equipamentos e dos seus componentes;
- g. Aumento da fiabilidade e da disponibilidade.

As desvantagens principais da manutenção preditiva são os custos da sua aplicação por exigir equipamentos de diagnóstico com custos elevados e formação especializada para os operadores

Entre os vários métodos de diagnóstico destacam-se os seguintes: análise das vibrações; análise dos óleos, termografia, ultrassons e análise de motor.

- **Análise das vibrações**

Os sistemas mecânicos em movimento produzem mais ou menos vibrações que ao longo do tempo conduzem a um processo de degradação. As vibrações são movimentos periódicos das partículas de um corpo ou meio elástico em direções alternadamente opostas da posição de equilíbrio, quando este equilíbrio é perturbado. Daqui se conclui que a vibração é um movimento cíclico em volta da posição de equilíbrio (Sullivan *et al.*, 2004).

Os órgãos dos equipamentos em movimento têm diversos padrões de vibração que não são sensíveis ao toque humano. O instrumento utilizado para a análise de vibrações é o sensor ou analisador de vibrações, que normalmente possuem *softwares* que indicam a evolução dos valores medidos. Os sensores quantificam a amplitude da vibração, expressa em deslocamento, velocidade e aceleração. O deslocamento é a distância percorrida pela parte vibrante entre os extremos limites, também chamado de deslocamento pico a pico. A velocidade é medida pelo movimento oscilante da máquina. A aceleração é a taxa de variação de velocidade (Sullivan *et al.*, 2004).

Os equipamentos em que é exigida maior fiabilidade já possuem sensores de vibrações em pontos críticos que fazem a monitorização contínua e enviam os valores para os *softwares* de gestão da manutenção, que comparados com os valores normais de funcionamento, podem antecipar a correção de anomalias, nomeadamente, acoplamentos desalinhados, rolamentos gripados, engrenagens defeituosas, rotores de motores elétricos desequilibrados, problemas hidráulicos.

A figura 2.2 mostra um operador a analisar as vibrações de motor elétrico.



Figura 2.2 - Análise de vibrações (Quatroases, acedido em 2017)

- **Análise dos óleos**

Segundo Sullivan *et al.* (2004), a análise de óleo de lubrificação é uma técnica de análise que identifica o estado dos óleos utilizados em equipamentos mecânicos e elétricos. Os resultados das análises quantificam e qualificam os elementos químicos do óleo e dos contaminantes, deste modo, a comparação dos resultados de amostras sucessivas pode identificar avarias eminentes dos equipamentos. São três os principais objetivos do conhecimento dos resultados das análises: o controlo da qualidade dos óleos, a determinação dos melhores intervalos de lubrificação e a otimização dos *stocks*. Os resultados das análises permitem identificar se os óleos são adequados para a máquina ou aplicação, ou se devem ser alterados ou atualizados para melhorar a resposta aos requisitos operacionais específicos de cada máquina. O conhecimento da condição do estado dos óleos pode determinar a otimização dos intervalos de lubrificação. A análise detalhada das propriedades químicas e físicas, pode em alguns casos reduzir o número de tipos, o que dá origem à redução de custos pelo menor volume de *stocks*.

Até recentemente, a análise dos óleos tinha sido um processo relativamente lento e caro, que utilizava técnicas de laboratório tradicionais e exigia trabalho qualificado. Atualmente estão disponíveis no mercado sistemas baseados em microprocessadores que permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados (Sullivan *et al.*, 2004).

As principais propriedades dos óleos que interessam na análise são: índice de viscosidade, índice de acidez, oxidação. Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber a quantidade de partículas metálicas e água.

Os vários tipos de testes são (Moble, 2002):

Análise espectral – Permite a obtenção de medições exatas e rápidas dos principais elementos da composição química dos óleos e os elementos contaminantes ou aditivos.

Viscosidade – É das mais importantes propriedades dos óleos lubrificantes. Os valores baixos de viscosidade reduzem a resistência das películas de óleo que impede o contacto metal – metal. O valor elevado pode impedir o fluxo de óleo para locais críticos de lubrificação.

Acidez – A acidez do óleo é a medida da quantidade de ácido no óleo. Valores elevados de acidez danificam as propriedades lubrificantes dos óleos.

Quantidade de sólidos – A presença de sólidos nos óleos pode facilitar o desgaste dos órgãos lubrificados. Os materiais sólidos no óleo são medidos em percentagem do volume ou peso da amostra.

Contagens de partículas - Os testes de contagem de partículas permitem antecipar potenciais problemas, especialmente nos sistemas hidráulicos. A análise de contagem de partículas feita como parte de uma análise normal de óleo lubrificante é diferente da análise de partículas de desgaste. Neste teste, valores elevados de partículas indicam funcionamentos anormais das máquinas, ou podem ocorrer avarias devido a orifícios bloqueados temporariamente ou permanentemente.

Teste de água – Determina a quantidade de água existente no lubrificante. A contaminação do óleo por água altera as suas propriedades e pode provocar a corrosão dos componentes das máquinas e causar grandes problemas em sistemas de lubrificação.

Oxidação – A oxidação do óleo lubrificante pode dar origem à corrosão metálica, ao aumento da viscosidade e ao aparecimento de sujidades nos depósitos dos lubrificantes.

Como ferramenta da manutenção preditiva o benefício das análises aos óleos só é alcançado se existir um planeamento de recolhas frequentes de amostras em cada máquina e seja feito o tratamento dos resultados. Estas informações podem suportar as decisões dos serviços da manutenção. Diversas amostras de óleos são apresentadas na figura 2.3.



*Figura 2.3 - Análise de óleos (CTG Lubrification Systems, acedido em 2017)*

- **Termografia**

A termografia é uma técnica de manutenção que deteta por radiação infravermelha a temperatura de equipamentos e máquinas. Através desta técnica é possível identificar regiões onde a temperatura está alterada em relação a um padrão estabelecido. “É baseada na medida da radiação eletromagnética emitida por um corpo a uma temperatura acima do zero absoluto” (Maldague, 1993).

A inspeção termográfica é uma técnica não destrutiva realizada para medir temperaturas ou observar os padrões de distribuição de calor utilizando sistema infravermelho.

O objetivo é obter informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo. Um sistema de manutenção termográfico possui recursos que permitem a realização de tarefas de análise preditiva nos campos de redes elétricas, equipamentos mecânicos, redes de vapor, fornos, reatores e processos.

Segundo Veratti (2017), ao abordar as principais características de um sistema básico de inspeção termográfica esclarece que os instrumentos usados para transformar a radiação infravermelha em informação térmica são os termovisores e radiômetros. As informações podem ser qualitativa ou quantitativa. Os termovisores possuem objetivas permutáveis que possibilitam adequar o campo de visão do aparelho às necessidades específicas de cada observação. O registo das imagens térmicas é digital e permite o acoplamento do sistema a microcomputadores para processamento da informação. Atualmente os radiômetros possuem miras infravermelhas que facilitam o posicionamento dos aparelhos e a rápida visualização da área analisada.



Segundo o mesmo autor os modelos de uso geral apresentam campo de visão de 1:60 e são adequados para as tarefas básicas de inspeção preditiva como a medição de temperaturas em quadros elétricos de média e baixa tensão, chumaceiras, motores elétricos e fornos de menor porte (figura 2.4).



*Figura 2.4 - Análise termográfica (Fluke, acedido em 2017)*

- **Análise por ultrassons**

De acordo com Mobley (2002), a análise por ultrassons é uma técnica de manutenção preditiva, não destrutiva que deteta discontinuidades internas pelo modo de propagação das ondas sonoras através dos materiais a analisar. Esta técnica é utilizada colocando um gerador de som no interior ou do lado exterior ao do elemento a ser inspecionado, detetando discontinuidades internas dos materiais, assentando-se no fenómeno de reflexão de ondas acústicas quando encontram obstáculos à sua propagação dentro do material. As ondas ultrassónicas refletidas por uma discontinuidade, ou pela superfície oposta da peça, são captados pelo transdutor, convertidos em sinais eletrónicos e mostrados numa tela LCD, que são posteriormente analisados. Os ultrassons são ondas acústicas com frequências superiores ao limite audível, situando-se entre os 20 kHz. e 25 MHz, dependendo do material a analisar. As dimensões reais de um defeito interno são estimadas com uma razoável precisão, precisão esta que leva a que um componente seja ou não aceite. Esta técnica também é útil na deteção de corrosão e de espessura de equipamentos podendo assim analisar o desgaste de uma peça ou equipamento.

A técnica de análise de ultrassons é utilizada na manutenção industrial, na deteção preventiva, sobretudo em análise de ruído aéreo, deteção de roturas de canalizações de gases e líquidos, avarias em sistemas elétricos, vibrações em chumaceiras e rolamentos.

Esta técnica é o método não destrutivo mais utilizado e o que apresenta o maior crescimento, na deteção de discontinuidades (figura 2.5).



*Figura 2.5 - Medição de espessuras (Lucciola, acedido em 2017)*

O ensaio por ultrassons, quando comparado com outros métodos não destrutivos apresenta vantagens tais como:

- a. Localização precisa das descontinuidades existentes nas peças no momento, e sua dimensão e forma;
- b. Alta sensibilidade na deteção de pequenas descontinuidades;
- c. Grande poder de penetração que permite detetar descontinuidades internas na peça, numa vasta gama de materiais e espessuras;
- d. Respostas imediatas pelo uso de equipamento eletrónico;
- e. Não exige a existência de mais do que uma superfície acessível;
- f. Não requer muita preparação das superfícies do material;
- g. Fácil uso em inspeções de manutenção;
- h. Fácil manutenção e portabilidade do equipamento.

Como desvantagens podemos citar:

- a. Exigência de bons conhecimentos técnicos do operador;
- b. Grande atenção durante todo o ensaio;
- c. Difícil na aplicação a peças geometricamente complexas, rugosas, muito pequenas ou de espessura mínima;
- d. Difícil de aplicar em materiais de grande atenuação acústica;
- e. Exige a utilização de substâncias que façam a ligação entre a sonda e a peça a inspecionar (acoplantes);
- f. Defeitos com orientação paralela ao feixe de ultrassons.

- **Análise de Motor**

Os motores elétricos são os equipamentos principais de fornecimento de força motriz para acionamento das máquinas dos processos produtivos. Os principais testes preditivos de análise do estado e do funcionamento dos motores elétricos continuam a ser a termografia, a análise de vibrações, e a verificação das resistências de isolamento. A manutenção preditiva com o fim de caracterizar o estado de funcionamento dos motores, não tem evoluído tão rapidamente como para outros equipamentos. Este atraso tem origem nos custos elevados da aplicação de novas técnicas e na necessidade de operadores qualificados. Com o aparecimento de novos equipamentos e o aumento de empresas fornecedoras destes serviços, muitas ligadas a universidades, as técnicas de manutenção de preditiva têm vindo a ser aplicadas. As mais usadas são os ensaios ESC (*Electrical Surge Comparison*) e MCSA (*Motor Current Signature Analysis*) (Sullivan *et al.*, 2004).

A comparação de ondas elétricas (ESC - *Electrical Surge Comparison*) é um ensaio realizado com o motor parado. Consiste na injeção de tensão nos enrolamentos do motor para avaliação das ondas sinusoidais resultantes. Com a avaliação comparativa destas ondas ao longo do tempo poderão ser detetadas alterações dos isolamentos entre bobinas e entre estas e a massa. Também é utilizada para verificação da qualidade das reparações feitas nos motores e identificar através da análise das ondas as condições impróprias de operação que o motor ou transformador estiveram sujeitos. Este ensaio requer equipamentos sofisticados, e pessoal qualificado, o que impede que não seja um ensaio frequentemente utilizado nas empresas. Com os novos equipamentos de menores custos e mais fáceis de utilização, esta técnica tem sido mais utilizado nos últimos tempos. A correta avaliação dos resultados permite prever eventuais avarias não detetáveis o que dá origem a vantagens importantes resultantes da redução dos tempos de paragem dos equipamentos produtivos (Sullivan *et al.*, 2004) (figura 2.6).



Figura 2.6 - Análise das formas de onda (Gem State Eletric, acedido em 2017)

O ensaio de análise da assinatura da corrente de um motor MCSA (*Motor Current Signature Analysis*) é um método não-invasivo para detetar problemas mecânicos e elétricos em equipamentos rotativos. A tecnologia baseia-se no princípio de que um motor elétrico convencional de um sistema de acionamento mecânico atua como um transdutor. O motor (agindo como um transdutor) deteta variações de carga mecânica e converte-os em variações de corrente elétrica que são transmitidos ao longo dos cabos de alimentação do motor. Estas assinaturas atuais são um reflexo das condições da máquina e assemelham-se a registos produzidas utilizando a monitorização da vibração. Estes sinais atuais são gravados e processados pelo *software* para produzir uma representação visual das frequências existentes contra amplitude da corrente. A análise destas variações podem fornecer uma indicação da condição da máquina, que pode tenderam ao longo do tempo para proporcionar um aviso antecipado de deterioração da máquina ou alteração processo. A análise da assinatura da corrente de um motor é uma técnica preditiva moderadamente complexa e cara. A complexidade decorre em grande parte da natureza relativamente subjetiva de interpretar os espectros, e o número limitado de espectros histórico de comparação para acionamentos específicos de máquinas (Sullivan *et al.*, 2004).

A comparação dos espectros da frequência da figura 2.7 identifica o desalinhamento de um motor elétrico, pelo aumento da amplitude quando funciona entre as frequências de 115 e 117 Hz.

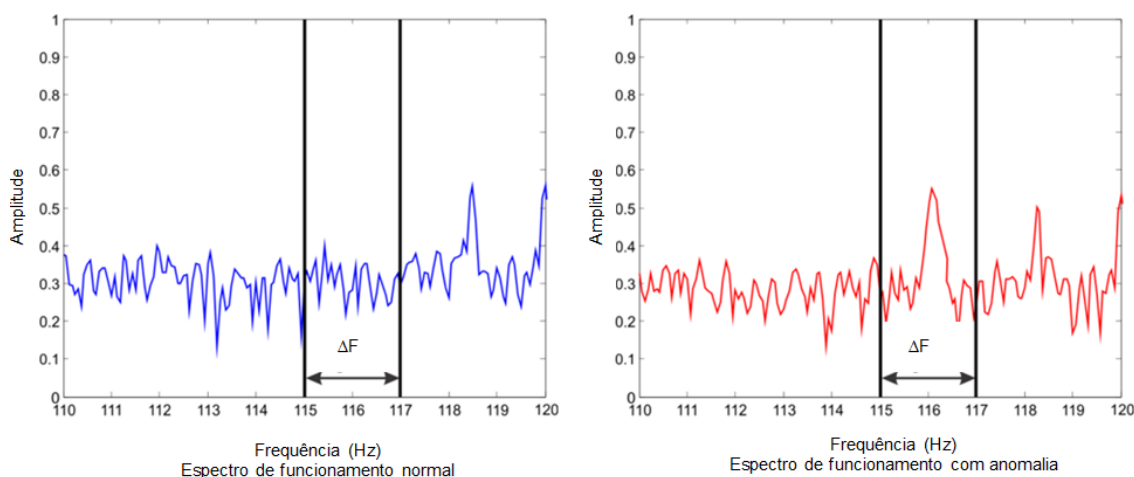


Figura 2.7 – Funcionamento de motor (Adaptado de Ramirez *et al.*, 2016)

### Manutenção corretiva

De acordo com a norma NP EN 13306: 2007, manutenção corretiva “é a manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que se pode realizar uma função requerida”.

Aplicada a equipamentos de baixa criticidade em que os eventuais custos de reparação de uma avaria são inferiores aos custos de acompanhamento por inspeções ou manutenção preventiva, pode ser uma boa opção estratégica. Como exemplo pode ser referido a aplicação aos motores de potências baixas em que os custos de acompanhamento e manutenções preventivas podem ser superiores ao da substituição por um novo motor, no caso de eventual avaria.

As vantagens são (Sullivan *et al.*, 2004):

- a. Baixo custo;
- b. Menos trabalhadores.

Desvantagens

- a. Aumento do custo devido à utilização de tempos não planeados;
- b. Aumento do custo de mão-de-obra;
- c. Aumento dos custos de reparação e substituição de equipamentos;
- d. Custos devido a perturbações no processo de fabrico;
- e. Uso ineficiente dos recursos de pessoal.

### **Manutenção de urgência**

Manutenção de urgência é a manutenção corretiva que é realizada logo após a avaria para evitar consequências inaceitáveis (NP EN 13306:2007), tendo como objetivo o restabelecimento imediato do funcionamento das instalações ou equipamentos. A resolução final poderá ficar adiada para período mais conveniente.

## **2.4 Manutenção de Melhoria**

A manutenção de melhoria é realizada com o objetivo de otimizar o funcionamento dos equipamentos, melhorar os níveis de segurança dos trabalhadores e as condições ambientais. As melhorias resultam de alterações nos equipamentos com vista à redução ou eliminação de operações de manutenção, à redução do consumo energético, ao aumento da fiabilidade e da manutibilidade e à redução dos riscos de acidentes (Pinto, 2002). As melhorias aplicadas resultam de projetos apoiados em estudos de análise dos registos históricos, das paragens, das avarias ocorridas nos equipamentos e da análise das causas de acidentes. São exemplos de melhoria a aplicação de sistemas de automação e supervisão dos equipamentos, controladores de velocidade dos motores ou a montagem de acessos que facilitam os trabalhos de manutenção e aumentam a segurança e as condições ambientais. Considerado um passo à frente da manutenção preditiva, este tipo de manutenção, é cada vez mais estimulado e

assumido pelas empresas que utilizam equipamentos de alta fiabilidade onde as avarias dão origem a custos elevados, difíceis de aceitar pelos gestores.

## **2.5 Manutenção Produtiva Total**

A Manutenção Produtiva Total, conhecida pela sigla *TPM* (*Total Productive Maintenance*) é mais do que uma ferramenta de manutenção é uma filosofia de trabalho com o envolvimento de todos os níveis da empresa. Foi desenvolvida no Japão a partir dos anos 70 e teve uma larga aplicação e expansão devido aos excelentes resultados alcançados. (Pinto, 2002).

Com a TPM entende-se que as pessoas que utilizam os equipamentos são aquelas que possuem os maiores conhecimentos sobre o funcionamento e tipos de paragens que ocorrem e estão em posição ideal para contribuir nas reparações para aumento das melhorias, isto é, para obter a maximização da eficiência das máquinas e equipamentos.

Um dos objetivos principais da TPM é aumentar a produtividade utilizando uma manutenção adequada para reduzir as perdas. Existem seis tipos de perdas que se podem evitar (Agustiady e Cudney, 2006):

- a. Avarias;
- b. Configurações e ajustes dos equipamentos;
- c. Velocidades baixas de trabalho;
- d. Pequenas paragens;
- e. Defeitos que afetam a qualidade;
- f. Retrabalho.

As duas primeiras, avarias, configurações e ajustes afetam a disponibilidade. As velocidades de trabalhos baixas e pequenas paragens influenciam a produtividade e a qualidade e o retrabalho afetam a qualidade dos produtos.

As principais metas da aplicação do TPM são:

- a. Reduzir o tempo das paragens não planeadas dos equipamentos;
- b. Anular as barreiras entre departamentos;
- c. Reduzir os defeitos característicos dos equipamentos.

Além disso, existem três objetivos principais:

- a. Motivar o envolvimento total dos colaboradores;

- b. Abordagem prática das situações;
- c. Melhoria da competitividade da empresa.

O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) é o principal indicador utilizado para medir a eficiência global. É obtido pelo produto dos três índices: Disponibilidade, Produtividade e Qualidade.

### **Índice de Disponibilidade**

A disponibilidade relaciona o tempo de funcionamento do equipamento com o tempo disponível para produção. Quando surge uma falha no processo, esta provoca uma indisponibilidade ou uma incapacidade de funcionamento que pode ser medido pelo índice indicado na fórmula 2.1.

$$ID = \frac{T_{func}}{T_{disp}} = \frac{T_{disp} - T_{pp}}{T_{disp}} \times 100 (\%) \quad (2.1)$$

onde

*ID* - índice de disponibilidade

*Tfunc* - tempo de funcionamento

*Tdisp* - tempo disponível

*Tpp* - tempo de paragens programadas

### **Índice de Produtividade**

A produtividade está relacionada com o tempo de fabrico da produção ideal e o tempo real, isto é, o que se produziu e o que deveria ter produzido.

$$IP = \frac{Prod \times T_{fp}}{T_f} \times 100 (\%) \quad (2.2)$$

em que

*IP* - índice de produtividade

*Prod* - produção

*Tfp* - tempo de fabrico teórico

*Tf* - tempo de funcionamento

Se o valor do índice de produtividade for superior a 1 devido à máquina fabricar maior quantidade de peças do que os valores indicados pelo fabricante, o tempo de fabrico teórico deverá ser ajustado. Este caso acontece devido às ações de manutenção de melhoria realizada na máquina durante o tempo da sua vida útil.

### **Índice de Qualidade**

O índice de Qualidade relaciona o número de peças sem defeito e o número de peças fabricadas

$$IQ = \frac{P_{fab} - P_{nc}}{P_{fab}} \times 100 (\%) \quad (2.3)$$

onde

*IQ - índice de Qualidade*

*P<sub>fab</sub> - número de peças fabricadas*

*P<sub>nc</sub> - número de peças fabricadas não conformes*

### **Eficiência global do equipamento**

$$OEE = ID \times IP \times IQ \quad (2.4)$$

onde

*OEE – eficiência global do equipamento*

*ID – índice de disponibilidade*

*IP – índice de produtividade*

*IQ – índice de Qualidade*

Vários autores baseados em valores de *benchmarking* consideram que para sistemas mecanizados o valor ideal é de 85 % e para sistemas mais sofisticados com automação e supervisão o valor varia entre 90 e 95%.



## **Benefícios da Aplicação do TPM**

Os benefícios da aplicação do TPM podem ser divididos em duas categorias: os tangíveis (que podem ser medidos) e os intangíveis (que não podemos medir mas podemos sentir o efeito): (Suzuki, 1994).

- **Benefícios Tangíveis:**

- a. Aumento da produtividade de 50% a 100%;
- b. Redução de avarias em 90%;
- c. Redução das reclamações de clientes de 75%;
- d. Redução dos custos de produção até 30%;
- e. Acidentes de pessoal 0;
- f. Acidentes ambientais 0;
- g. Aumento de propostas de melhorias apresentadas pelos colaboradores de 5 a 19 vezes.

- **Benefícios Intangíveis:**

- a. Melhor controlo e domínio dos operadores no controlo e cuidados dos equipamentos;
- b. Aumento da motivação dos operadores para a redução das avarias;
- c. Melhor ambiente fabril;
- d. Melhor perceção da imagem fabril pelas entidades exteriores.

## **2.6 Manutenção Centrada na Fiabilidade**

A Manutenção Centrada na Fiabilidade (*RCM - Reliability Centered Maintenance*) é um método utilizado para planeamento de manutenção que foi desenvolvido inicialmente na indústria aeronáutica e, posteriormente, adaptado para outras indústrias e instituições militares. É a manutenção centrada na fiabilidade que consiste em entender as principais fontes de avarias e antecipá-las na eminência de sua ocorrência. Entende-se por falha, a incapacidade de um determinado equipamento desenvolver normalmente as atividades para as quais foi projetado. Esse tipo de falha, também definido como falha funcional, tem sua severidade variável que vai do comprometimento do desempenho até uma total incapacidade operacional (Pinto, 2002).

A metodologia utiliza sete perguntas sobre cada item em revisão ou sob análise crítica, para que seja preservada a função do sistema produtivo:

- a. Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
- b. De que forma ele falha em cumprir a sua função?
- c. O que causa cada falha funcional?
- d. O que acontece quando ocorre cada falha?
- e. De que modo cada falha importa?
- f. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- g. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Os benefícios obtidos pela prática da Manutenção Centrada na Fiabilidade são vários, e podem ser traduzidos como sete benefícios, indicados a seguir:

Maior Segurança e Proteção Ambiental: no conjunto de benefícios do RCM, a segurança operacional e a integridade do meio ambiente são os principais benefícios obtidos com a metodologia. Estes benefícios são resultados das informações geradas pelo RCM, para identificar todos os possíveis riscos de falha nos equipamentos.

Desempenho Operacional Melhorado: o desempenho operacional é melhorado porque os gestores do programa têm informações técnicas para escolher melhores práticas de manutenção para garantir uma maior disponibilidade dos equipamentos no sistema produtivo. O aumento da disponibilidade dos equipamentos pode ser visto também como uma redução no tempo de reparação.

Eficiência Maior de Manutenção (Custo-efetivo): com as informações técnicas obtidas pelo RCM, os gestores do programa podem adotar as melhores práticas de manutenção, para garantir que o capital investido na manutenção tenha o melhor retorno. Estima-se que o RCM corretamente aplicado aos sistemas de manutenção existentes reduza de 40 a 70% a quantidade de trabalho de rotina, e trabalhos de emergência entre 10 e 30%, do total de trabalhos (Kardec e Nascif, 2001).

Aumento da vida útil dos equipamentos: a adoção das melhores práticas de manutenção garante que o equipamento faça tudo o que o seu usuário quer que ele faça, e que ele fique por mais tempo disponível no seu contexto operacional. O resultado desta manutenção garante que cada componente do equipamento receba a manutenção necessária para cumprir a sua função, garantir uma vida mais longa do equipamento.

Base de Dados de Manutenção Melhorado: os registos gerados pelo RCM proporcionam a obtenção de uma base de dados para uso tanto pela manutenção como pela produção. Estes dados fornecem informações para: identificar as necessidades de formação dos operadores, reorganizar os *stocks* de peças sobressalentes e manter os desenhos e manuais atualizados.

Trabalho em Equipe – Motivação: as pessoas ficam mais motivadas para o trabalho quando participam da análise e soluções dos problemas do dia-a-dia. A metodologia RCM promove esta integração, quando reúne equipas multifuncionais para a análise e solução dos problemas. Isto aumenta o grau de comprometimento e compartilhamento de toda a organização da empresa na solução dos problemas.

### **2.6.1 Fiabilidade**

Segundo Farinha (2001), a fiabilidade é definida como a probabilidade de um dispositivo ou componente de um sistema funcionar dentro dos parâmetros de qualidade definidos durante um determinado período de tempo, sob as condições de funcionamento pré-estabelecidas. A cessação do seu funcionamento, nestas condições, denomina-se falha.

A Fiabilidade segundo a norma NP EN 13306:2007, é definida como a “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”.

Os conceitos anteriores são fundamentais em qualquer ponto do ciclo de vida do equipamento, porém, é fundamental tê-los presentes desde a altura da sua aquisição. O que possibilitará, desde logo, avaliar sobre a disponibilidade, os recursos necessários, e os respetivos custos e, por consequência, permitem decidir sobre a política mais adequada de manutenção. A forma tradicional de olhar a fiabilidade de um equipamento é através do parâmetro MTBF (equação 2.5) ou pela taxa de avarias (equação 2.6) indicados a seguir.

#### **Cálculo do MTBF**

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N} \quad (2.5)$$

onde

*MTBF* – tempo médio entre avarias

*TBF* – tempo entre avarias.

*N* – número de avarias

## Taxa de avarias

Considerando o tempo de funcionamento de um equipamento durante um período de tempo, a taxa de avarias relaciona o número de avarias com o tempo total de funcionamento, isto é, com o somatório dos TBF's, como se indica na equação 2.6.

$$\lambda = \frac{N}{\sum TBF} \quad (2.6)$$

sendo

$\lambda$  – taxa de avarias

$N$  – número de avarias

$TBF$  – tempo entre avarias

Considerando a equação 2.5, resulta para a taxa de avarias

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2.7)$$

A taxa de avarias de um equipamento durante o ciclo de vida de um equipamento é usualmente, apresentada simbolicamente através da curva da banheira da figura 2.8.

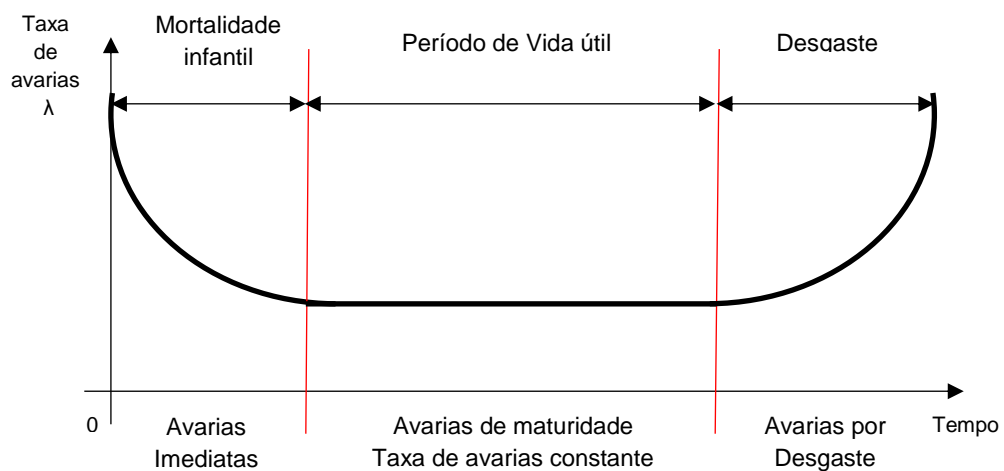


Figura 2.8 - Curva da banheira (Farinha, 2011)

Os equipamentos no início da sua vida útil têm uma elevada taxa de avarias devidas maioritariamente a montagem incorreta, componentes defeituosos, mão-de-obra desqualificada, processos de fabrico inadequados e ajustes não terminados. Nesta fase inicial, chamada de mortalidade infantil, as avarias continuam até atingir um nível estável e a melhor estratégia de manutenção é a corretiva. Com o passar do tempo, estas avarias são corrigidas, e o equipamento entra em um patamar de estabilidade, com uma taxa de avarias constante. As avarias, quando ocorrem são aleatórias. Nesta fase são aplicadas as manutenções do tipo preventiva.

Depois de certo tempo, variável conforme as condições de uso e agressividade do ambiente em que o equipamento se encontra, a taxa de avarias começa a aumentar, devido ao desgaste dos componentes, que normalmente obriga à substituição de peças. Nesta fase deverá ser equacionada a substituição do equipamento.

## **2.6.2 Manutibilidade**

Segundo a norma NP EN 13306 a manutibilidade “*é a aptidão de um bem, sob condições utilização definidas, para ser mantido ou restaurado de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos*”. A manutibilidade é, portanto, característica da construção dos equipamentos. Durante a conceção deverá considerar-se, entre outros, a acessibilidade para facilitar a realização dos trabalhos, a modularidade dos equipamentos, a construção com componentes de fácil reposição, com o objetivo de redução de tempos das paragens e o alongamento do período entre os procedimentos de manutenção (Stamatis, 2010).

O principal indicador que analisa a manutibilidade é o tempo médio de reparação (MTTR).

### **Tempo médio de reparação**

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \quad (2.8)$$

onde

*MTTR* – tempo médio de reparação

*TTR* – tempo de reparação. Tempo em que o equipamento está parado.

*N* – número de avarias

### 2.6.3 Disponibilidade

A disponibilidade de um equipamento é o tempo durante o qual se encontra disponível para funcionamento, num dado período de tempo. Neste período não são consideradas ações de manutenção preventiva (Pinto, 2002).

A disponibilidade é calculada por:

$$Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.9)$$

Onde

*Disp* – Disponibilidade dos equipamentos

*MTBF* - tempo médio entre avarias. Calculado segundo a equação 2.7

*MTTR* - tempo médio de reparação

Pela equação 2.9, verifica-se que disponibilidade aumenta pelo aumento do MTBF ou pela diminuição do MTTR.

A figura 2.9 representa o gráfico com os parâmetros MTTR, MTBF já descritos e o MTTF (sigla do inglês, *Mean Time to Failure*) que representa o tempo médio de funcionamento do equipamento até à falha.

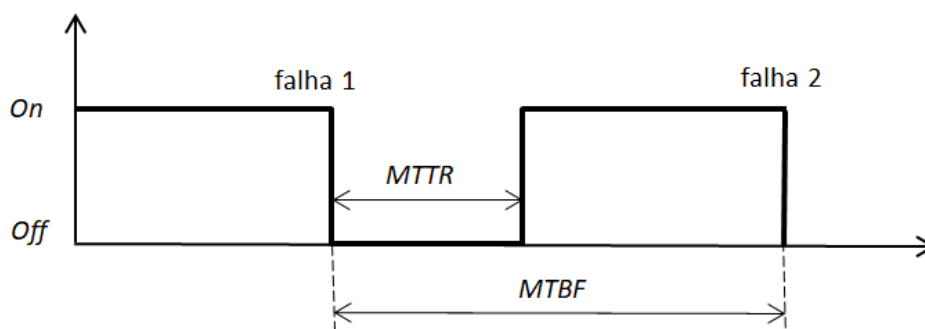
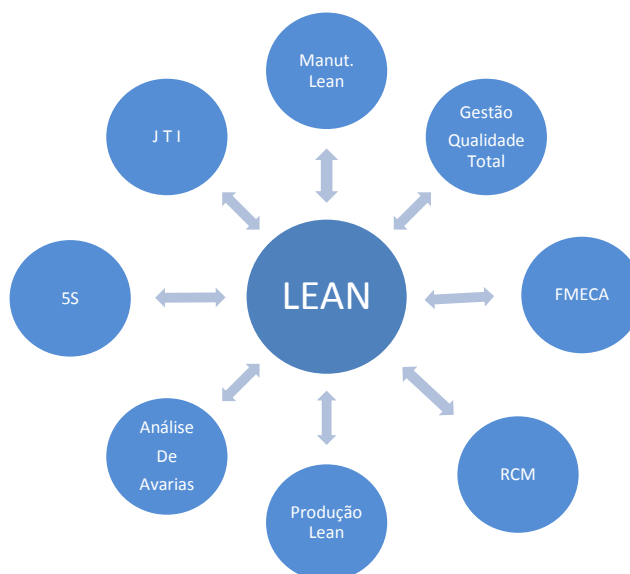


Figura 2.9 - Indicador MTBF

## 2.7 Manutenção Lean

Segundo Farinha (2011) a Manutenção *Lean* (*Lean Maintenance*) é a realização de atividades programadas de forma proativa que utiliza estratégias desenvolvidas através da aplicação correta da *TPM*, da *RCM*, dos 5S, e da melhoria contínua (*PDCA*), entre outros.

É nesta perspetiva alargada que se constata como o conceito original *Lean* se liga com os vários conceitos da gestão e no caso com a manutenção, como se verifica na figura 2.10.



*Figura 2.10 - Relação entre Lean com outras vertentes da Organização (Farinha, 2011)*

A manutenção *Lean* faz uma procura constante das melhores práticas utilizadas pelas equipas de manutenção, na perspetiva da otimização dos seus processos de trabalho, através de procedimentos devidamente documentados e da otimização de recursos humanos e materiais, da contratação dos serviços mantendo uma formação contínua dos colaboradores com vista à obtenção dos melhores indicadores de desempenho.

Em última instância, a manutenção *Lean* corresponde a uma forma de olhar e eliminar os desperdícios e ainda adicionar valor. É um processo operacional que visa simplificar a forma como os materiais e a informação são geridos. Os sete desperdícios usualmente considerados são:

- a. Excesso de produção;
- b. Inventário;
- c. Transporte;
- d. Tempo em espera;
- e. Movimento de pessoas;
- f. Excesso de processamento;
- g. Defeitos (correção de erros).

Desta forma, a manutenção *Lean* pretende contribuir para a prossecução dos objetivos da Produção ou seja alinhar os ativos e os processos produtivos de trabalho com os indicadores

de disponibilidade, fiabilidade e produtividade garantindo a eficácia global dos ativos (Farinha, 2011).

Descrevem-se a seguir as ferramentas *PDCA* e 5 S:

### **2.7.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act**

O ciclo *Plan-Do-Check-Act (PDCA)* é um método muito aplicado nas empresas para a melhoria contínua das suas atividades tanto de produção como de manutenção. Foi criado na década de 20 por Walter Shewhart, mas foi o seu aluno William Deming que expandiu a sua aplicação em todo o mundo, e ficou conhecido como Ciclo de Deming (Smith e Hawkings, 2004).

O ciclo *PDCA* é baseado na avaliação contínua das práticas de gestão e na condição dos responsáveis na aceitação de novas ideias que são fundamentais para o sucesso.

O ciclo *PDCA* é constituído pelas etapas indicadas na fig.2.11 e descritas a seguir:



*Figura 2.11 - Ciclo PDCA (Adaptado de Smith e Hawkings, 2004)*

Planejar (Plan) – O primeiro passo para a aplicação do *PDCA* é o estabelecimento de um plano, ou um planeamento que deverá ser estabelecido com base nas diretrizes ou políticas da empresa e onde devem ser consideradas três fases importantes: a primeira fase é o estabelecimento dos objetivos, a segunda, é o estabelecimento do caminho para que o objetivo seja atingido e, a terceira é a definição do método que deve ser utilizado para consegui-los. A boa elaboração do plano evita perdas de tempo desnecessárias nas próximas fases do ciclo;



Executar (Do) - O segundo passo do *PDCA* é a execução do plano que consiste no treino dos envolvidos no método a ser estabelecido, a execução propriamente dita e a coleta de dados para posterior análise. É importante que o plano seja rigorosamente seguido;

Verificar (Check) – O terceiro passo do *PDCA* é a análise ou verificação dos resultados alcançados e dados coletados. Ela pode ocorrer com a realização do plano quando se verifica se o trabalho está sendo feito da forma devida, ou após a execução quando são feitas análises estatísticas dos dados e verificação dos itens de controlo. Nesta fase podem ser detetados erros ou avarias;

Atuar (Act) – a última fase do *PDCA* é a realização das ações corretivas, ou seja, a correção das avarias encontradas no passo anterior. Após realizada a investigação das causas das avarias ou desvios no processo, deve-se repetir, ou aplicar o ciclo *PDCA* para corrigir as avarias de forma a melhorar cada vez mais o sistema e o método de trabalho.

### **2.7.2 Metodologia 5S**

A metodologia 5S é derivada de um sistema japonês que tem por objetivo a ordem e a organização no local de trabalho. A lógica associada à metodologia 5S é de criar um ambiente de trabalho que será mais eficiente quando é organizado e cujos procedimentos são mantidos.

Concebido por Kaoru Ishikawa em 1950, no Japão do pós-guerra, inspirado na necessidade que existia de colocar ordem na grande confusão a que ficou reduzido o país após a sua derrota com as forças aliadas. O Programa 5S demonstrou ser tão eficaz enquanto reorganizador das empresas e da própria economia japonesa que, até hoje, é considerado o principal instrumento de gestão, da qualidade e produtividade, utilizado naquela nação. Foi desenvolvido com o objetivo de transformar o ambiente das organizações e a atitude das pessoas, melhorando a qualidade de vida dos colaboradores, diminuindo desperdícios, reduzindo custos e aumentando a produtividade das instituições.

O método fundamenta-se em criar e manter um ambiente de trabalho agradável em local seguro que facilite o trabalho diário e ajude a fornecer serviço de qualidade tanto a nível das áreas operacionais como nas áreas administrativas.

É composto pelas cinco princípios ou sentidos indicados na figura 2.12.

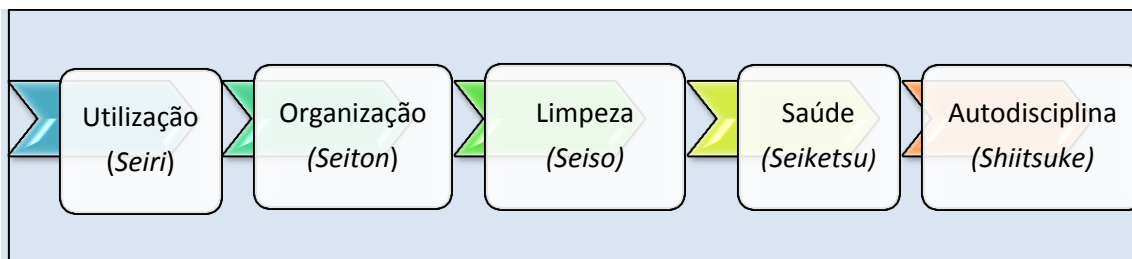


Figura 2.12 - Princípios da metodologia 5S (Adaptado de Farinha, 2011)

1º Princípio – Senso de Utilização (*Seiri* em japonês) - Consiste na prática de verificar o que não é necessário e manter somente os materiais, ferramentas, documentos, etc, essenciais no local e área de trabalho. A acumulação dos itens desnecessários reduz a produtividade e aumenta o risco de acidentes. Um dos modos de fazer a separação consiste em identificar e sinalizar o que não é importante para a execução das tarefas. Deverá ser dado a cada utilizador da área a possibilidade de identificar o que é necessário naquela área de trabalho. O que não é identificado deverá ser eliminado ou colocado noutro local.

Vantagens e benefícios:

- a. Aumento da produtividade devido ao fácil acesso dos itens necessários reduzindo as perdas de tempo;
- b. Criação de mais espaço disponível;
- c. Eliminação de materiais, ferramentas, documentos em excesso;
- d. Eliminação de documentação obsoleta;
- e. Eliminação de sucatas e peças sem utilidade;
- f. Melhor ambiente de trabalho;
- g. Redução dos riscos de acidentes.

2º Princípio – Senso de Organização (*Seiton*). Após a separação deverá ser feita a arrumação de modo a criar um sistema organizado. A arrumação dos itens será feita de acordo com prioridade da sua utilização, isto é, os mais utilizados deverão estar mais acessíveis para eliminação dos movimentos desnecessários, originando um fluxo simples do desenvolvimento das atividades.

3º Princípio – Senso de Limpeza (*Seiso*). Consiste em limpar após a eliminação da confusão na área de trabalho. Melhor do que limpar consiste em não sujar e eliminar as causas de produção de sujidade, mas haverá sempre lixo resultante do desenvolvimento das atividades. A limpeza deverá ser realizada no final de cada dia de trabalho e tudo colocado nos seus lugares. O lixo deverá ser separado e colocado nos lugares próprios devidamente sinalizados. Cada colaborador deverá ter um modo assertivo de colaboração, neste princípio, com o cumprimento

de regras simples: limpeza das ferramentas após utilização, cuidar da limpeza do local de trabalho, reduzir a produção de lixo e colocá-lo em local adequado. Esta atividade cria um melhor ambiente de trabalho e aumenta a motivação dos colaboradores.

4º Princípio – Senso de Saúde (*Seiketsu*) - Após a implementação dos 3 princípios devem ser criadas regras ou padrões para sistematizar e manter a eficácia a longo prazo. É de todo interesse que os colaboradores participem na sua definição, pois são eles a melhor fonte para o desenvolvimento de tais padrões nas suas áreas de trabalho e garantia do cumprimento das regras no futuro. A sua divulgação deverá ser do conhecimento de todos, através de quadros com informações, colocados nas áreas de trabalho.

5º Princípio – Senso de Autodisciplina (*Shitsuke*). Este é o princípio mais difícil de implementar e alcançar. A cultura de determinadas organizações e a natureza humana têm tendência para resistir às mudanças, isto é, gostam de voltar à sua zona de conforto – fazer como sempre fizeram. Para evitar tais situações, devem ser criadas metodologias para manter o crescimento tais como: definição dos objetivos a alcançar com a implementação da metodologia 5S, definição das metodologias de avaliação do progresso, definição dos responsáveis do controlo do progresso. A avaliação do progresso pode ser feita através de inspeções ou auditorias, realizada por colaboradores de áreas diferentes.

Segundo Farinha (2011), os principais benefícios da aplicação da metodologia são:

- a. Aumento da produtividade pela maior facilidade de acesso aos objetos durante a realização das tarefas;
- b. Cria e mantém um ambiente de trabalho organizado, limpo, seguro e agradável, que facilite o trabalho diário e ajuda a fornecer um serviço de qualidade tanto nas áreas fabris como nas áreas administrativas;
- c. Menor custo pela redução de desperdícios;
- d. Melhoria da Qualidade dos produtos ou serviços por maior disponibilidade dos colaboradores para a realização das tarefas, devido à redução de perdas de tempo;
- e. Redução dos riscos de acidentes por aumentos das áreas de trabalho que facilitam a movimentação dos colaboradores;
- f. Maior motivação dos colaboradores devido a ambiente de trabalho mais agradável.

### **2.7.3 Diagrama de Ishikawa**

Segundo Pereira e Requeijo (2012), para analisar as causas que dão origem a um problema conhecido, pode ser utilizado o Diagrama da *Ishikawa* também conhecido por Diagrama de Causa-Efeito ou Diagrama em Espinha-de-Peixe. Foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em

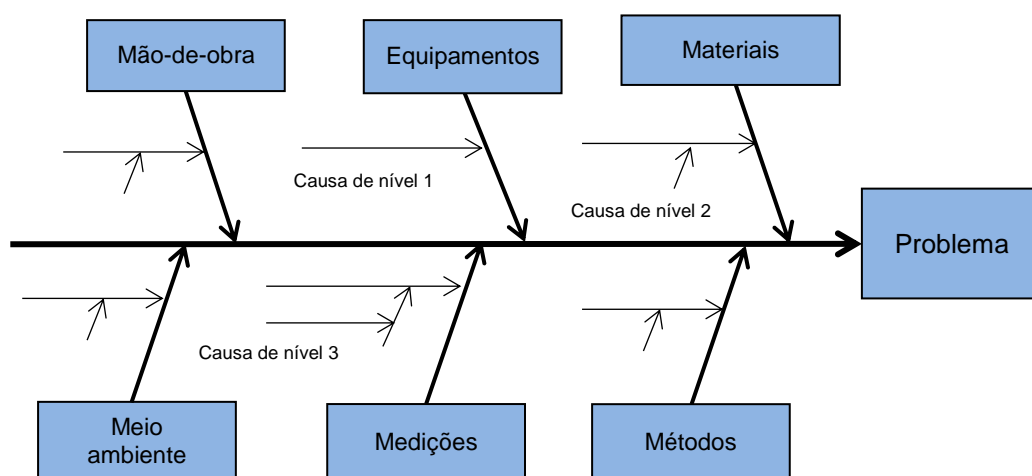
1943. É de fácil utilização porque relaciona graficamente o problema com as causas estruturadas hierarquicamente que lhe deram origem.

De acordo com os mesmos autores a construção do diagrama obedece aos seguintes passos:

**Definição clara do problema** – O problema deverá estar bem identificado e ser do conhecimento da equipa. No extremo de uma linha horizontal central deverá ser colocado o título que identifica o problema.

**Identificações das causas** – As causas podem ser classificadas em vários níveis, de acordo com o detalhe da análise que for feita pelos elementos da equipa. A equipa deverá identificar o maior número de causas possíveis que dão ou poderão dar origem ao problema. Habitualmente considera-se que as causas estão agrupadas em 6 categorias denominadas causas gerais: mão-de-obra, equipamentos, materiais, meio ambiente, medições e métodos. Estas são representadas em setas oblíquas sobre a linha horizontal central. As categorias poderão ser classificadas de outro modo mais adaptado à situação.

As categorias podem ser subdivididas as vezes necessárias para clarificar o problema, embora usualmente sejam ramificadas até 3 ou 4 níveis (figura 2.13).



*Figura 2.13 - Diagrama de Ishikawa (Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)*

**Causas mais prováveis** – A equipa avalia pelo diagrama as causas que têm mais probabilidade de dar origem ao problema. São normalmente consideradas 4 ou 5 com maior potencial.

**Definição das ações** – Identificadas as principais causas, são definidas e planeadas as ações necessárias para as anular. O planeamento deverá indicar os responsáveis, os recursos necessários e os prazos para a implementação das ações.

**Avaliação da eficácia das ações** – A equipa deverá fazer o acompanhamento da implementação das ações, fazer avaliação da eficácia e divulgar os resultados

#### **2.7.4 Brainstorming**

Segundo Farinha (2011) *brainstorming* é uma ferramenta desenvolvida para explorar a criatividade de um indivíduo ou de um grupo com o fim de gerar ideias para solução de um determinado problema.

O método foi divulgado pela primeira vez no final dos anos 30 por Alex F. Osborn. A sua convicção era que os grupos poderiam aumentar a criatividade com a utilização do *brainstorming*.

Os grupos são compostos por seis a doze participantes com capacidade de apresentação de ideias criativas para a resolução do problema que se pretende resolver.

São definidas três fases no *brainstorming*:

- a. Identificação dos factos: definição do problema e preparação dos elementos;
- b. Geração de ideias;
- c. Procura da solução.

Segundo Stamatis (2010), *brainstorming* é usado atualmente por três razões:

- a. Gerar ideias utilizando a capacidade de pensamento de um grupo de pessoas, com conhecimento de uma numa área específica, de um determinado problema;
- b. Incentivar o pensamento criativo com a aplicação do princípio da sinergia – juntos valemos mais;
- c. Incentivar a formação de grupos de trabalho, para aumento da satisfação da trabalhar em equipa e elevar a moral do grupo.

Os procedimentos principais do método em cada sessão são a apresentação de ideias e a sua avaliação, que são independentes um do outro.

Segundo Stamatis (2010), o procedimento de apresentação de ideias é descrito por:

- a. Cada participante do grupo lista as suas ideias, e apresenta só uma ideia de cada vez que intervém;
- b. As ideias apresentadas deverão ser exibidas para conhecimento de todos;
- c. Uma ideia não deverá ser repetida;

- d. O líder deverá questionar até que o grupo não consiga mais ideias. Durante a sessão por vezes aparecem novas ideias ainda não apresentadas;
- e. Como preocupação principal, o líder deverá certificar-se que não existem críticas às ideias apresentadas.

O segundo procedimento é a avaliação das ideias. É semelhante à etapa de geração no sentido de que as mesmas pessoas estão envolvidas, mas mais estrutura e regras caracterizam essa atividade. O foco é sobre as próprias ideias e não sobre o participante que sugeriu a ideia.

Para que a sessão de *brainstorming* seja eficaz deverão ser respeitadas as seguintes regras:

- a. Cada participante deverá apresentar uma só ideia cada vez que intervém;
- b. Não devem ser criticadas as ideias dos participantes no grupo;
- c. Embora possa parecer menos válida, uma ideia deverá ser sempre apresentada, são estas muitas vezes a resolução dos problemas;
- d. A sessão não deverá ser dominada por um número restrito de participantes, todos deverão estar motivados para a participação;
- e. Cada sessão deverá decorrer num ambiente satisfatório para o grupo.

Este método é muito utilizado quando se pretende respostas rápidas para a resolução dos problemas de fácil resolução.

### **2.7.5 Matriz GUT**

Segundo Lucinda (2010), a matriz GUT é uma ferramenta de fácil e eficiente aplicação para classificar problemas. As letras da sigla GUT representam as iniciais de **G**ravidade, **U**rgência e **T**endência.

A **G**ravidade representa o potencial da causa para o aumento dos custos da empresa. Está classificada com pontuação de 1 a 5, que representa: sem gravidade, pouco grave, grave, muito grave e gravíssimo, respetivamente.

A **U**rgência qualifica a rapidez com que o problema deverá ser resolvido para não causar mais custos à empresa. Está classificada com pontuação de 1 a 5, que representa: pode esperar, rotina, prioridade, urgente e muito urgente, respetivamente.

Se o problema não for resolvido qual será a **T**endência se a situação não for alterada. Está classificada com pontuação de 1 a 5, que representa que a situação: melhora a longo prazo, melhora a curto prazo, não se altera, agrava-se a médio/longo prazo ou agrava-se a curto prazo, respetivamente.

*Tabela 2.1 – Tabela de pontuação da matriz GUT(adaptado de Lucinda,2010)*

| Valor | Gravidade     | Urgência      | Tendência                     |
|-------|---------------|---------------|-------------------------------|
| 1     | Sem gravidade | Pode esperar  | Melhora a longo prazo         |
| 2     | Pouco grave   | Rotina        | Melhora a curto prazo         |
| 3     | Grave         | Prioridade    | Não se altera                 |
| 4     | Muito grave   | Urgente       | Agrava-se a médio/longo prazo |
| 5     | Gravíssimo    | Muito urgente | Agrava-se a curto prazo       |

Na tabela 2.2 está representado um exemplo de matriz GUT

*Tabela 2.2 – Exemplo de matriz GUT (Adaptado de Lucinda, 2010)*

| Causas  | Gravidade<br>(1 a 5) | Urgência<br>(1 a 4) | Tendência<br>(1 a 5) | Pontuação<br>(GxUxT) |
|---------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Causa 1 | 2                    | 4                   | 3                    | 24                   |
| Causa 2 | 4                    | 3                   | 4                    | 48                   |
| Causa 3 | 3                    | 2                   | 4                    | 24                   |
| Causa 4 | 4                    | 3                   | 5                    | 60                   |
| Causa 5 | 4                    | 3                   | 4                    | 48                   |
| Causa 6 | 3                    | 4                   | 5                    | 60                   |





### 3 EMPRESA SACOPOR

O presente capítulo apresenta a empresa Sacopor onde foi realizado o estudo.

#### 3.1 Introdução

A empresa Sacopor pertence ao Grupo *InterCement* que produz e comercializa sacos de papel destinados maioritariamente à indústria cimenteira nomeadamente às unidades do próprio grupo, que operam com modernas e eficientes linhas de enchimento de materiais de construção em saco e estão obrigadas a um controlo de produção muito rigoroso.

A empresa está localizada numa área de cerca de 3,2 hectares em Santo Estevão, junto à vila de Alenquer, a cerca de 30 km de Lisboa (figura 3.1).



*Figura 3.1 - Instalações da Sacopor*

A criação da empresa data de outubro de 1991 e decorreu na sequência da reestruturação das cimenteiras nacionais, nomeadamente devido à privatização da CMP – Cimentos Maceira e Pataias, que possuía uma fábrica de fabricação de sacos para abastecer os Centros de Produção da Cimpor e deixou de o fazer.

Desta forma nasceu a necessidade da criação de uma empresa autónoma, cuja conceção atendeu aos seguintes fatores:

- a. A evolução prevista do mercado das embalagens de papel, a médio e longo prazo;
- b. A garantia da fiabilidade dos equipamentos a instalar, nomeadamente nos aspetos de rendimento, automação e supervisão do processo de fabrico e qualidade do produto final;

c. A predominância do fabrico de sacos colados com válvula

Dos estudos efetuados concluiu-se que a lógica evolutiva da empresa passava pela realização da unidade industrial em três fases, correspondentes cada uma delas, à instalação de uma linha de produção com a capacidade nominal da ordem dos 50 milhões de sacos/ano.

Em maio de 1993 ficou concluída a primeira fase do projeto, tendo-se evoluído posteriormente para uma segunda fase concluída em maio de 1997. Esta foi justificada pela urgente necessidade de abastecimento de uma parte significativa do mercado dos sacos colados com válvula para cimento, que não podia ser satisfeita pela linha de produção existente à data. Com a inauguração da segunda linha a capacidade de produção duplicou.

De salientar ainda o passo importante que foi dado em termos de atualização tecnológica, já que a 2ª Linha de Produção traduziu a evolução mais atualizada dos equipamentos especializados na produção de sacos colados com válvula.

Em Agosto de 2005 foi instalada uma 3ª Linha de Produção, refletindo a evolução tecnológica dos equipamentos do sector à data. Esta ampliação deveu-se à necessidade de atualização das dimensões dos sacos de cimento nas fábricas em Portugal e Espanha, que passaram de 50 kg para 35 kg.

A empresa tem expandido a sua atividade, produzindo e comercializando sacos de papel para outras empresas e outros produtos da fileira do cimento como sejam argamassas secas e cimento cola. A diversificação geográfica tem sido também uma realidade para a empresa. Atualmente fornece sacos para a indústria cimenteira das unidades do Grupo localizadas em vários pontos do mundo. A empresa tem implementado um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho, em conformidade com as normas NP EN ISO 9001, NP EN ISO 14001 e NP 4397 / OHSAS 18001.

### **3.2 Organograma da Empresa**

A Sacopor está integrada na Direção Industrial da Unidade de Negócio Portugal e Cabo Verde do Grupo.

No âmbito da sua inclusão no Grupo, a empresa é apoiada em algumas das suas atividades pela Cimpor Serviços, cuja atividade e especialização se centra na prestação de serviços comuns às várias empresas, nomeadamente: Gestão dos Recursos Humanos, Segurança e Saúde no Trabalho, Apoio Jurídico e Sistemas de Informação.

A empresa está estruturada de acordo com o Organograma apresentado (Figura 3.2).

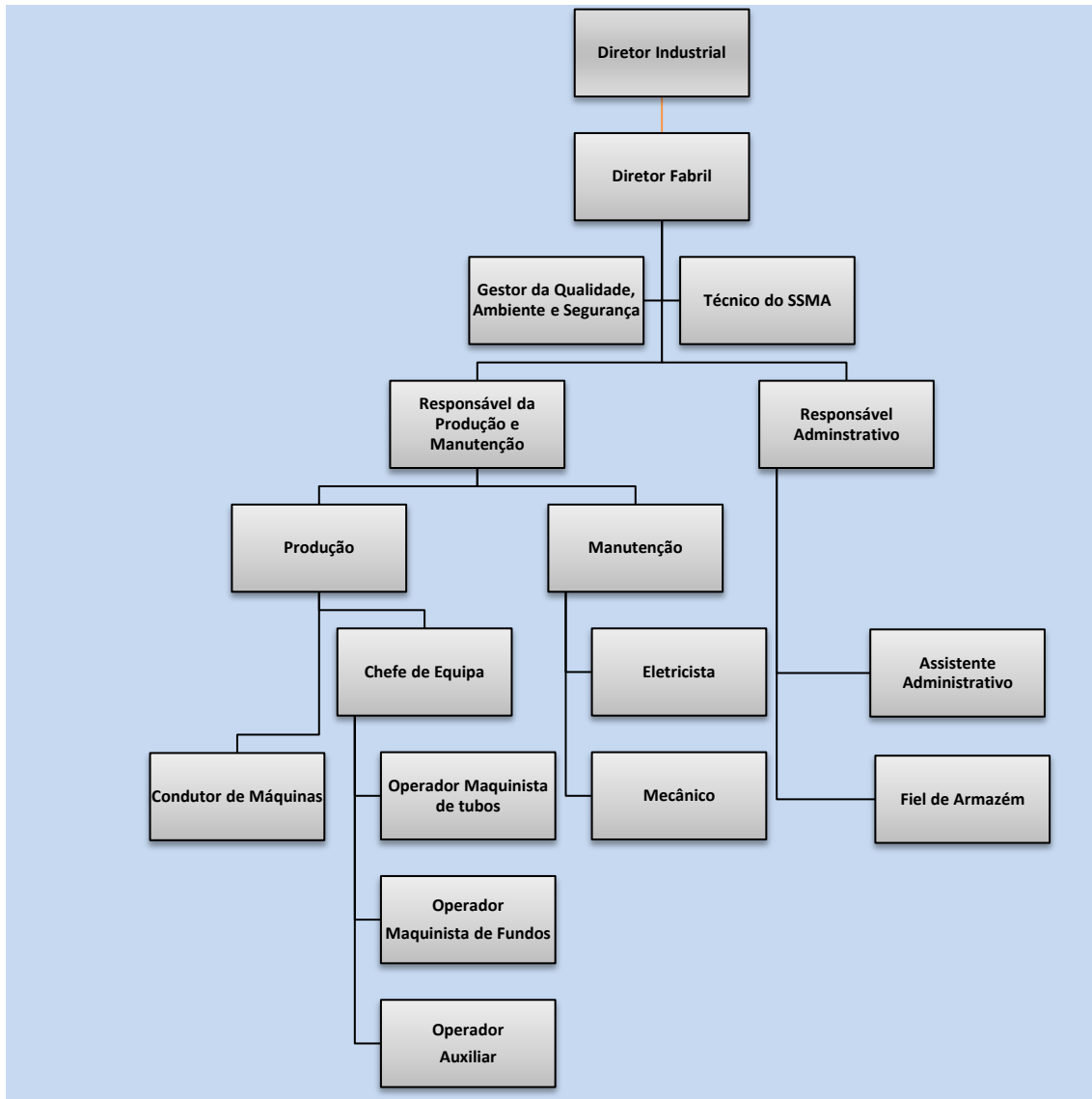


Figura 3.2 - Organograma da empresa (Adaptado do Manual SGI-QAS Sacopor, 2014)

O Diretor Fabril é responsável pela procura de melhoria contínua, tendo em vista o cumprimento dos requisitos e a satisfação das necessidades e expectativas dos clientes. É também gestor do Sistema de Gestão Integrado da Qualidade, Ambiente e Segurança (SGIQAS) e tem o apoio do Técnico de Segurança na coordenação do Sistema de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA).

O Responsável Administrativo garante a realização dos procedimentos administrativos e legais e é responsável pela gestão do armazém. Tem a colaboração de um Fiel de Armazém e um Assistente Administrativo.

As áreas da Produção e da Manutenção são coordenadas pelo mesmo responsável, que tem por missão cumprir o plano produtivo e garantir o bom funcionamento dos equipamentos fabris.

O chefe de equipa é responsável pelo funcionamento das linhas de produção. Cada linha tem um operador na máquina de tubos, um operador na máquina de fundos e um operador auxiliar para os restantes equipamentos da linha. Um eletricista e um mecânico asseguram a disponibilidade dos equipamentos em cada turno de trabalho.

A fábrica funciona em 3 turnos, das 8 às 16h, das 16 às 24h e das 24 às 8h. O horário normal para o pessoal não ligado à Produção é das 8 às 17 horas.

### **3.3 Planta das Instalações**

As instalações da empresa são constituídas por 1 edifício onde se localizam os serviços administrativos e 6 naves onde estão instalados os equipamentos fabris

O armazém de matérias-primas está situado na nave 1. As 3 linhas de produção estão situadas nas naves 2 e 4. A secagem do produto final (sacos) e cintagem é feita nas naves 3 e 5, respetivamente. O armazém de produto final está situado na nave 6. É neste local que os sacos são armazenados e expedidos para os clientes em transporte rodoviário.

A disposição das áreas está apresentada na planta das instalações fabris (Anexo A5).

## 4 PROCESSO PRODUTIVO E MANUTENÇÃO PRATICADA NA EMPRESA

No presente capítulo descreve-se a situação atual do processo produtivo da empresa e a gestão da manutenção. Como resultado desta descrição são identificadas as oportunidades de melhoria.

### 4.1 Processo Produtivo

As principais matérias-primas utilizadas para o fabrico de sacos de papel são o papel tipo *kraft*, colas e tintas. Estes produtos são adquiridos a fornecedores nacionais e estrangeiros de acordo com as propostas aprovadas para o fornecimento. Os sacos de papel são produzidos em 2 fases distintas. Na 1ª fase são produzidos tubos de papel na Máquina de Produção de Tubos com a largura e comprimento adequados à capacidade dos sacos. Na 2ª fase são colocados os fundos dos sacos na Máquina dos Fundos. Os tubos são dobrados, colados e num dos topos são coladas folhas com as válvulas para enchimento dos produtos a embalar. No outro topo são colocadas folhas de fecho e reforço. Os sacos podem ser fabricados com uma ou mais folhas de reforço, incluindo folha de polipropileno para proteção da humidade. As características dos sacos, nomeadamente as dimensões, número de folhas de reforço e desenho da impressão são definidas nos cadernos de encargos fornecidos pelos clientes. Cada linha de produção é constituída pelas seguintes máquinas (fig. 4.1)

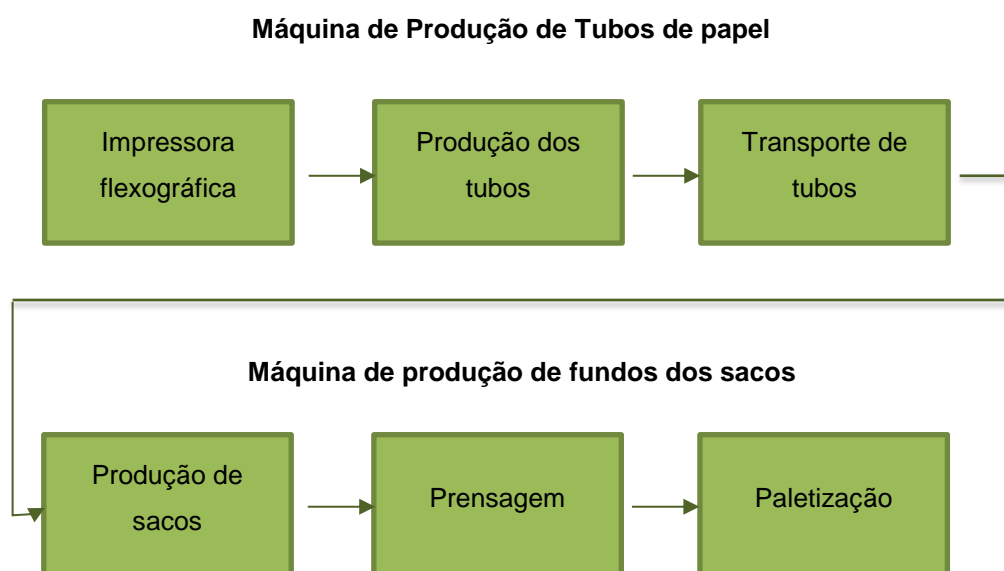


Figura 4.1 - Fluxo produtivo

#### **4.1.1 Máquina de produção de tubos de papel**

A partir do papel recolhido das bobinas, a máquina de tubos produz um tubo contínuo de papel que por seccionamento dá origem aos sacos. É constituída pelos seguintes equipamentos:

##### **Impressora flexográfica**

A impressora recebe uma folha de um dos rolos de papel colocados na desbobinadora e faz a impressão do desenho que identifica e caracteriza o produto a embalar (figura 4.2). Está colocada na linha de fabrico antes da desbobinadora dos rolos de papel.



*Figura 4.2 - Impressora flexográfica*

##### **Desbobinadora**

Nesta máquina são colocados os rolos de papel necessários para o fabrico dos sacos. A máquina comanda os rolos de papel que alimentam as folhas necessárias para a produção de tubos (figura 4.3).



*Figura 4.3 – Desbobinadora*

O primeiro rolo envia o papel diretamente para a impressora para impressão da folha exterior do saco. Depois da impressão a folha é encaminhada com as restantes para a formação dos tubos

### **Alinhamento**

Os sistemas de alinhamento obrigam que as folhas de papel mantenham uma posição constante nas estações seguintes.

### **Cardagem**

É um dispositivo de agulhas que serve para furar a secção do tubo na zona superior do saco. Os furos servem para assegurar a saída do ar do interior do saco durante o enchimento do produto a embalar. O diâmetro dos furos permite a saída do ar, durante o enchimento, mas impede a saída do produto.

### **Corte**

Conjunto de suporte metálico e serras para corte do produto intermédio (tubo), dependem da largura do saco, da largura dos fundos do saco e do tipo de corte: reto ou escalonado.

### **Colagem longitudinal**

Sistema de aplicação de cola longitudinal nas folhas dos sacos.

### **Formação do tubo**

O conjunto de folhas é dobrado para a formação do tubo (figura 4.4).



*Figura 4.4 - Formação do tubo*



### **Separação de tubos**

Nesta fase os tubos correspondentes a cada saco são separados por martelos do tubo inicial pela perfuração feita por serras de corte. Cada tubo originará um saco (figura 4.5).



*Figura 4.5 - Separação dos tubos*

### **Transportadores dos tubos para a máquina de fundos**

Transportadores de tela que recolhem os tubos de papel já cortados e os transportam para o alimentador da máquina de fundos (Figura 4.6).



*Figura 4.6 - Transportadores*

#### **4.1.2 Máquina de produção de fundos dos sacos**

Esta máquina coloca os fundos dos sacos de papel. Num dos lados é colocada a válvula de enchimento do produto a embalar e no outro são colocadas as folhas de reforço para suportar o produto embalado. É constituída pelos seguintes equipamentos:



### **Alimentador da máquina de fundos**

No alimentador rotativo são continuamente empilhados tubos a partir de cima. O tubo inferior do empilhamento que assenta sobre o tambor é apanhado pelo cilindro de sucção e puxado, através da rotação do tambor.

O tubo é separado deste modo e é transferido para o alinhador de tubos por meio de um conjunto de transportadores (figura 4.7).



*Figura 4.7 - Alimentador da máquina de fundos*

### **Alinhador**

O alinhador de tubos obriga a que os tubos mantenham uma posição constante nas estações seguintes. É constituído por um sistema de correias dentadas que ajustam os tubos, durante o transporte, nos sentidos transversal e longitudinal.

### **Vincagem**

A fim de ajudar a dobragem para formação dos fundos as extremidades do tubo são aqui previamente vincadas diagonalmente. Isto é efetuado por vincadores rotativos que se movimentam sobre um cilindro de borracha.

### **Abertura de fundos**

Dispositivo constituído por duas barras expansoras dispostas obliquamente e em rotação que agarram as extremidades do tubo previamente aberto e levantam-nas por movimento de expansão.

### **Colocação de válvula**

Estação de colocação de válvulas – O dispositivo de colocação de válvulas assume a tarefa de colar uma folha de válvula num fundo aberto. A válvula é feita a partir de uma folha plana e é depois colada. Será nesta válvula que se fará a entrada do produto nas máquinas de ensacar do cliente.

### **Colagem dos fundos**

Estação de colagem do fundo - A colagem do fundo é feita por aplicação de cola no fundo aberto do saco, através de uma borracha de aplicação de cola. A colagem assegura a resistência do saco durante o processo de enchimento dos produtos pelo cliente.

### **Aplicação dos fundos**

Telas de apoio à colagem dos fundos - Os fundos já acabados são mantidos prensados por 2 telas para evitar a abertura. Esta ação garante a eficácia da colagem para garantia da resistência do saco durante o processo de enchimento do produto.

### **Telas de prensagem**

Os sacos são encaminhados para passarem entre duas rodas que fazem a sua compactação de modo a garantir a colagem (figura 4.8). Embora seja feita a compactação o saco necessita de aguardar um período de tempo em armazém antes da expedição para o cliente de modo a assegurar a eficácia da colagem. O período de tempo de secagem depende das características da cola.



*Figura 4.8 - Telas de prensagem*

## Paletização

Depois das telas de prensagem, os sacos seguem para a Paletizadora (figura 4.9) onde são colocados em paletes de madeira e transportados para o armazém de secagem.



*Figura 4.9 - Paletização*

## Cintagem

Cada conjunto de paletes vindas do armazenamento de secagem é encaminhada para a máquina de cintar onde se procede ao embalamento e cintagem de cada palete (figura 4.10) que depois são colocadas no armazenamento do produto final a aguardar a saída para os clientes.



*Figura 4.10 – Cintagem*

Cada lote de produção exige uma mudança em vários componentes das máquinas das linhas de produção. Esses componentes são função das características dos sacos, nomeadamente, impressão, comprimento, largura, largura dos fundos do saco, número de folhas de papel, saco com ou sem folha de polipropileno.

#### **4.1.3 Indicadores de produção**

Durante o estudo foram analisados os indicadores que avaliam o processo de fabrico.

Para cálculo dos indicadores da produção e da manutenção era usada uma base de dados atualizada diariamente numa folha *Excel*. Não era utilizado nenhum programa específico de cálculo de indicadores. Os valores eram registados pelos operadores das máquinas em folhas próprias e inseridos na base de dados. Os principais indicadores avaliados são:

##### **Índice de produção de sacos**

$$PSac = \left( \frac{Spr}{Mês} \right) \quad (4.1)$$

onde

*Psac* – índice de produção de sacos

*Spr* – sacos produzidos

##### **Taxa de desperdício de papel**

A taxa de desperdício de papel é a relação entre o peso de papel danificado ao longo das linhas de produção e o total de papel utilizado na produção.

$$Tdesp = \left( \frac{Pdesp}{Pcons} \right) \quad (4.2)$$

onde

*Tdesp* – taxa de desperdício de papel

*Pdesp* – papel desperdiçado

*Pcons* – papel consumido

A redução do desperdício de papel foi considerada uma oportunidade de melhoria. No capítulo 5 é descrito o desenvolvido de um *PDCA* para acompanhamento do indicador Taxa de Desperdício de Papel com o fim de atingir o objetivo definido com a introdução de melhorias ao nível dos procedimentos da produção e da manutenção.

### Consumo de Energia Elétrica por saco produzido

$$Csac = \left( \frac{Ener}{Spr} \right) \quad (4.3)$$

em que

*Csac* – consumo de energia elétrica por saco produzido

*Ener* – energia elétrica consumida

*Spr* – sacos produzidos

A redução do consumo de energia elétrica foi considerada como oportunidade de melhoria. No capítulo 5 é descrito o desenvolvido de um *PDCA* para acompanhamento do indicador Consumo de Energia Elétrica por 1000 sacos produzidos.

### Consumo de tinta por saco produzido

$$Cti = \left( \frac{Ti}{Spr} \right) \quad (4.4)$$

onde

*Cti* – consumo de tinta por saco produzido

*Ti* – tinta consumida

*Spr* – sacos produzidos

### Consumo de cola por saco produzido

$$Ccol = \left( \frac{Col}{Spr} \right) \quad (4.5)$$

onde

*Ccol* – consumo de cola por saco produzido

*Col* – cola consumida

*Spr* – sacos produzidos

Para melhor avaliação do processo de fabrico foram incluídos mais dois indicadores:

#### **Nº de sacos produzidos por turno**

$$Stur = \left( \frac{Spr}{Ntur} \right) \quad (4.6)$$

onde

*Stur* – produção de sacos por turno

*Spr* – sacos produzidos

*Ntur* – número de turnos

#### **Velocidade de produção (sacos/min)**

$$Vsac = \left( \frac{Spr}{Tpr} \right) \quad (4.7)$$

em que

*Vsac* – velocidade de produção de sacos

*Spr* – sacos produzidos

*Tpr* – tempo produção (minutos)

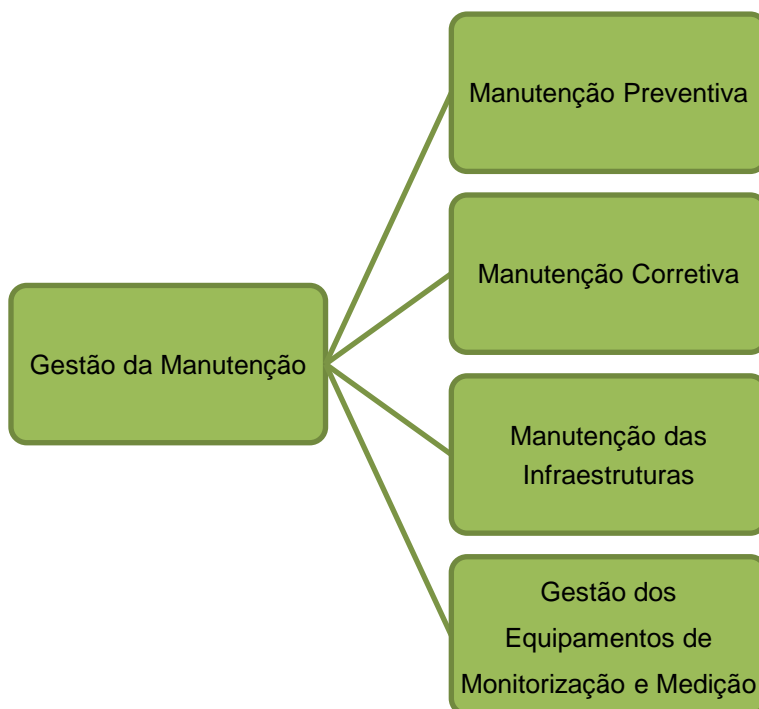
Os valores dos objetivos para os indicadores descritos são definidos anualmente no Plano de Objetivos e Metas definido no âmbito do Sistema Integrado de Gestão implementado na empresa. O acompanhamento dos resultados é feito mensalmente.

## **4.2 Manutenção Praticada na Empresa**

A manutenção realizada na empresa é gerida por um conjunto de orientações estabelecidas num processo e 4 subprocessos do Sistema de Gestão Integrado da Qualidade, Ambiente e Segurança que a empresa tem implementado.

O processo Gestão da Manutenção estabelece as orientações para gerir a manutenção que garanta a operacionalidade das instalações e equipamentos necessários para as atividades da empresa.

Os subprocessos estabelecem as orientações de manutenção: preventiva, corretiva, das infraestruturas e gestão dos equipamentos de monitorização e medição (figura 4.11).



*Figura 4.11 - Manutenção praticada na empresa*

#### **4.2.1 Manutenção preventiva**

Sempre que é adquirido um novo equipamento, o responsável da manutenção faz um planeamento de manutenção preventiva a realizar. Este define os componentes a verificar por equipamento, tendo em linha de conta a criticidade do mesmo e as instruções contidas nos manuais do equipamento e orientações do fabricante. São definidas as intervenções, medições, verificações e frequências a efetuar por equipamento e componentes.

O responsável da manutenção verifica semanalmente as intervenções a efetuar. Da análise é elaborada uma listagem do equipamento a intervencionar (Anexo 3) e verificada a necessidade ou não de paragem do equipamento. As situações que impliquem paragens de equipamentos são acordadas, previamente, com a Direção fabril. Nesta etapa é feito o planeamento pormenorizado da manutenção preventiva. Sempre que necessário, é dada formação aos colaboradores que irão intervir. No caso de a manutenção ser feita por uma entidade externa, será feita uma requisição de reparação, de acordo com os procedimentos internos de aprovisionamento. Se por razões de segurança houver necessidade de isolar o equipamento é feita a sua consignação de acordo com a instrução de trabalho adequada. O colaborador

definido no plano de manutenção preventiva executa os trabalhos planeados. Após a execução dos trabalhos e caso o equipamento se encontre consignado, o operador desconsigna o mesmo, informa o responsável da produção e da manutenção e preenche os registos dos trabalhos efetuado (Anexos 2 e 4). Sempre que necessário, o equipamento é ensaiado em condições de exploração normal com a presença da equipa da manutenção. Se após o ensaio o equipamento for considerado aceite, o responsável da produção e manutenção considera a intervenção finalizada e o equipamento é considerado operacional. Caso se detetem anomalias deverá ser feito um pedido de intervenção que será tratado de acordo com o procedimento definido no subprocesso manutenção corretiva. Neste caso, a situação será analisada pelo responsável da produção e da manutenção que decidirá a paragem, ou a utilização do equipamento.

Caso se verifiquem muitas intervenções de manutenção corretiva nos equipamentos o plano de manutenção preventiva é revisto. A manutenção preventiva é avaliada para cada linha de produção pelos seguintes indicadores:

#### **Fator de Manutenção Programada**

Este indicador avalia a eficácia da manutenção programada, isto é, a relação entre o tempo previsto para a manutenção e o tempo utilizado.

$$Fmp = \left[ \frac{Tpp}{Ttpm} \right] \times 100 (\%) \quad (4.8)$$

onde

*Fmp* – fator de manutenção programada

*Tpp* – tempo de paragens programadas

*Ttpm* – tempo total de paragem para manutenção

#### **Índice de Fiabilidade**

$$IF = \left[ \frac{Tfun}{Tfun + Tpar} \right] \times 100 (\%) \quad (4.9)$$

onde

*IF* – índice de fiabilidade



*T<sub>fun</sub> – tempo de funcionamento*

*T<sub>par</sub> – tempo de paragens não programadas*

Nos trabalhos de análise dos indicadores constatou-se que o cálculo do índice de fiabilidade estava a ser calculado considerando o tempo de funcionamento possível das máquinas e não o tempo real de funcionamento. O indicador foi corrigido considerando-se agora o tempo de funcionamento da máquina. Este valor é verificado no contador de horas do próprio equipamento.

#### **4.2.2 Manutenção corretiva**

Sempre que seja detetada uma anomalia num equipamento produtivo, auxiliar, ou infraestrutura será preenchido um Pedido de Intervenção (PI) (Anexo 3), descrevendo a anomalia identificada com máximo de informação possível. Este deverá ser entregue ao responsável de Produção e Manutenção, que analisa o pedido e a urgência da intervenção e classifica-a de Muito Urgente, Urgente ou Normal. Consoante a urgência da intervenção, o responsável da manutenção planeia as intervenções a efetuar e verifica a necessidade ou não de paragem do equipamento. No caso de a manutenção ser realizada por entidade externa, será feita uma requisição de reparação. Nesta etapa é feito o planeamento pormenorizado da manutenção e sempre que necessário, é dada formação aos colaboradores que irão intervir. A equipa de intervenção, após consignação do equipamento por motivos de Segurança, efetua os trabalhos previstos e regista os tempos de trabalho e os materiais utilizados na manutenção, no PI.

Após a execução dos trabalhos, o equipamento é desconsignado pelo operador e informa o responsável. O equipamento é ensaiado em condições de exploração normal com a presença da Equipa de Intervenção. Caso se detetem anomalias o equipamento é novamente colocado em consignação e sujeito a intervenção. É feita um novo diagnóstico do problema. Caso não seja possível, ou não tenha interesse reparar o equipamento em causa, será analisada a possibilidade de aquisição de novas peças, componentes ou equipamentos. Se após o ensaio, o equipamento for considerado aceite, o responsável encerra o PI. A manutenção corretiva é avaliada trimestralmente para cada linha de produção pelos indicadores:

#### **Tempo Médio entre Avarias**

$$MTBF = \left[ \frac{T_f}{N} \right] \text{ horas} \quad (4.10)$$

onde

*MTBF* – tempo médio entre avarias

*Tf* – tempo de funcionamento

*N* – número de paragens por avaria

#### **Fator de Disponibilidade dos Equipamentos**

$$Fdisp = 1 - \left[ \frac{Tpar}{Tisp - Tpar} \right] \times 100 (\%) \quad (4.11)$$

onde

*Fdisp* – fator de disponibilidade dos equipamentos

*Tpar* – tempo de paragens não programadas

*Tdisp* – tempo disponível para funcionamento

#### **4.2.3 Manutenção das infraestruturas e gestão de equipamentos de medição e monitorização**

Os trabalhos realizados no âmbito da Manutenção das Infraestruturas têm como objetivo garantir que as instalações estão operacionais para a sua utilização, nomeadamente os edifícios, equipamentos do sistema de segurança e saúde, equipamentos informáticos, mobiliário e jardins. Estes trabalhos são maioritariamente realizados por entidades externas e geridos pela chefia da manutenção.

A necessidade de manter controlados os instrumentos, equipamentos ou dispositivos de medição que possam ter efeito significativo sobre a exatidão ou validade dos resultados é uma prática que decorre de acordo com os requisitos das normas do referencial ISO 9001 do Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho que a empresa tem implementado.

Os equipamentos de monitorização e medição (EMM) são verificados internamente pelos técnicos da empresa através da utilização de equipamentos de medição calibrados em laboratórios externos acreditados. Para cada equipamento são realizadas 5 leituras no equipamento a verificar e 5 leituras utilizando o equipamento de referência (calibrado). O erro é determinado pela diferença da média das leituras. Os critérios de aceitação do erro, períodos de calibração ou verificação estão definidos no Plano de Calibração e Verificação dos EMM.

### **4.3 Oportunidades de Melhoria**

Durante o estudo foram propostas algumas ações consideradas oportunidades de melhoria com o fim de melhorar a eficácia do fluxo produtivo e da manutenção. As oportunidades de melhoria consideradas foram:

#### **Redução dos desperdícios de papel e de consumo de energia elétrica.**

A falta de ações de manutenção causadas por indisponibilidade dos equipamentos origina paragens frequentes por anomalias. Esta situação provoca valores elevados de desperdícios de papel, porque as paragens normalmente geram encravamentos ao longo do fluxo produtivo. Durante as paragens para resolução das anomalias, é frequente a grande partes dos equipamentos das linhas de fabrico continuarem em funcionamentos por largos períodos de tempo, o que origina desperdícios de consumo de energia.

#### **Codificação das máquinas**

Tinham havido tentativas de implementação da codificação das máquinas que não foram terminadas. Havia necessidade da implementação de codificação clara e inequívoca dos equipamentos existentes na instalação, de modo que possa identificar cada equipamento e os seus componentes. O código poderá ser utilizado para diversos fins, nomeadamente para planeamento da manutenção, contabilização dos custos e gestão do património

#### **Sistema informático de gestão da manutenção**

A gestão da manutenção utilizava o *software Excel* da *Microsoft Office*. Os dados eram recolhidos em folhas de registo pelos operadores de máquinas e técnicos de manutenção e introduzidos na base de dados. Os indicadores eram obtidos por fórmulas associadas ao cálculo respetivo. No entanto a empresa tinha implementado o sistema informático SAP que fazia a gestão informática da área administrativa. Devido à conjuntura económica não tinha sido possível a inclusão do módulo SAP PM de gestão da manutenção. Este módulo é um sistema integrado de gestão específico para apoiar o planeamento e a execução de tarefas relacionadas com a manutenção.

#### **Limpezas e arrumações que perturbam o processo produtivo**

A empresa tem uma história recente, as suas instalações são modernas e foram criadas para as linhas de fabrico existentes. O *layout* criado disponibilizou áreas adequadas para os serviços que contempla, boas condições para o funcionamento dos equipamentos e uma

ambiente seguro e agradável para os trabalhadores realizarem as suas atividades. No entanto, nas visitas aos diversos locais da empresa verificaram-se algumas não conformidades por procedimentos de limpeza e arrumação que não estão sustentados. Os mais frequentes são a falta de arrumação de peças em locais próprios e falta de limpeza após execução de tarefas. Indicamos a seguir algumas anomalias encontradas.

Os resíduos recolhidos nos diversos locais da produção e deixados no armazém de matérias-primas causavam perturbação como se verifica na figura 4.12, e podiam causar acidentes durante a movimentação dos empilhadores que recolhem as novas bobinas e as colocam nas desbobinadoras das linhas de produção. Os resíduos, após a recolha deveriam ser colocados nos contentores próprios, que periodicamente são recolhidos por empresas autorizadas para o transporte e eliminação de resíduos.



*Figura 4.12 – Resíduos em locais de movimentação*

As latas das tintas utilizadas nas impressoras flexográficas eram colocadas sobre folhas de papel que não evitavam a sujidade. Aquelas deveriam ser colocadas em tinas de retenção para impedir eventuais roturas e sujidades do piso (figura 4.13).



*Figura 4.13 - Latas de tinta sem proteção*

Em diversos locais do armazém de peças, verificava-se que estas eram colocadas sem qualquer ordem de arrumação e identificação. Os operadores que necessitavam de peças para substituição durante a reparação dos equipamentos fabris tinham dificuldade na sua localização (Fig. 4.14), o que impedia a resolução rápida das avarias. As peças deveriam estar colocadas em locais próprios e identificadas para redução do tempo de reparação das avarias.



*Figura 4.14 - Armazém de peças*



## 5 PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas propostas de melhoria para as oportunidades identificadas anteriormente.

### 5.1 Redução do Desperdício de Papel e do Consumo de Energia Elétrica

Devido aos valores elevados de desperdícios de papel resultantes do processo de fabrico, com causas atribuídas a vários fatores, foi decidido fazer o controlo do processo para análise das causas que originavam as anomalias. Tratava-se portanto de um objetivo de melhoria que implicava necessariamente alterações de operação e modificações a realizar na manutenção dos equipamentos. Para o efeito foi decidido implementar um *PDCA*.

As máquinas das linhas de produção são relativamente recentes e portanto otimizadas nos consumos de energia elétrica. No entanto as constantes subidas dos preços de energia devido aos impactes ambientais provocados pela utilização de combustíveis fósseis fazem com que as empresas façam uma melhor avaliação da utilização desse recurso para uma utilização mais eficiente de modo a reduzir os custos, manter a competitividade e proteger o ambiente. Embora não tenha sido possível obter dados dos valores do consumo de energia elétrica de diversos locais devido à falta de contagens parciais por falta da instalação de contadores, foi no entanto possível obter informações por ações de *brainstorming* das causas mais influentes que provocam aumentos do consumo de energia. O objetivo proposto está relacionado com o indicador do consumo de energia elétrica pela quantidade de sacos produzidos. Para o acompanhamento do objetivo proposto foi também implementado um *PDCA* seguindo a metodologia do anterior.

#### Implementação dos *PDCA*

A implementação dos *PDCA* tanto para redução dos desperdícios de papel como para a redução do consumo de energia elétrica baseou-se no compromisso dos responsáveis da empresa e das equipas responsáveis pela implementação da aceitação de novas metodologias, novas ideias e alteração de atitudes para alcance dos objetivos. As equipas da implementação foram constituídas pelas chefias, operadores das linhas de fabrico e equipa de manutenção, que pela experiência adquirida nas suas atividades são conhecedores dos problemas de operação e das avarias normalmente associadas à produção de desperdícios e do aumento do consumo de energia elétrica. As equipas tinham como líder, o responsável da Produção e Manutenção.

A tabela 5.1 caracteriza o *PDCA* implementado para a redução do desperdício de papel no ano. Está definido o objetivo a atingir e respetiva meta, o indicador utilizado, o responsável pela implementação e a constituição da equipa.

*Tabela 5.1 - Caracterização do PDCA da redução de desperdício de papel*

| <b>PDCA</b>        |   |
|--------------------|---|
| <b>Objetivo</b>    | Reduzir o desperdício de papel nas linhas de produção |
| <b>Meta</b>        | 3%  |
| <b>Indicador</b>   | Taxa de desperdício de papel                          |
| <b>Responsável</b> | Responsável da Produção e Manutenção                  |
| <b>Equipa</b>      | Chefias, Operadores de Máquinas, Equipa de Manutenção |

O papel desperdiçado no processo é produzido nos diversos equipamentos das linhas de produção como resultado de disfuncionamentos ocorridos durante o fluxo produtivo.

O papel danificado era recolhido pelos operadores durante o processo, pesado e colocado nos locais definidos no final de cada turno de trabalho.

A taxa de desperdício de papel é a relação entre o peso de papel danificado ao longo das linhas de produção e o total de papel utilizado na produção de sacos, como definido anteriormente pela equação 4.2.

A tabela 5.2 caracteriza o *PDCA* implementado para a redução do consumo de energia elétrica no ano. Está definido o objetivo a atingir e respetiva meta, o indicador utilizado, o responsável pela implementação e a constituição da equipa.

*Tabela 5.2 - Caracterização do PDCA da redução do consumo de energia elétrica*

| <b>PDCA</b>        |   |
|--------------------|---|
| <b>Objetivo</b>    | Reduzir o consumo específico de energia elétrica      |
| <b>Meta</b>        | 13 kWh /1000 sacos                                    |
| <b>Indicador</b>   | Consumo de energia por 1000 sacos produzidos          |
| <b>Responsável</b> | Responsável da Produção e Manutenção                  |
| <b>Equipa</b>      | Chefias, Operadores de Máquinas, Equipa de Manutenção |



As fases dos ciclos *PDCA* para a redução do desperdício de papel e da redução do consumo de energia elétrica estão descritas no fluxograma na figura 5.1.

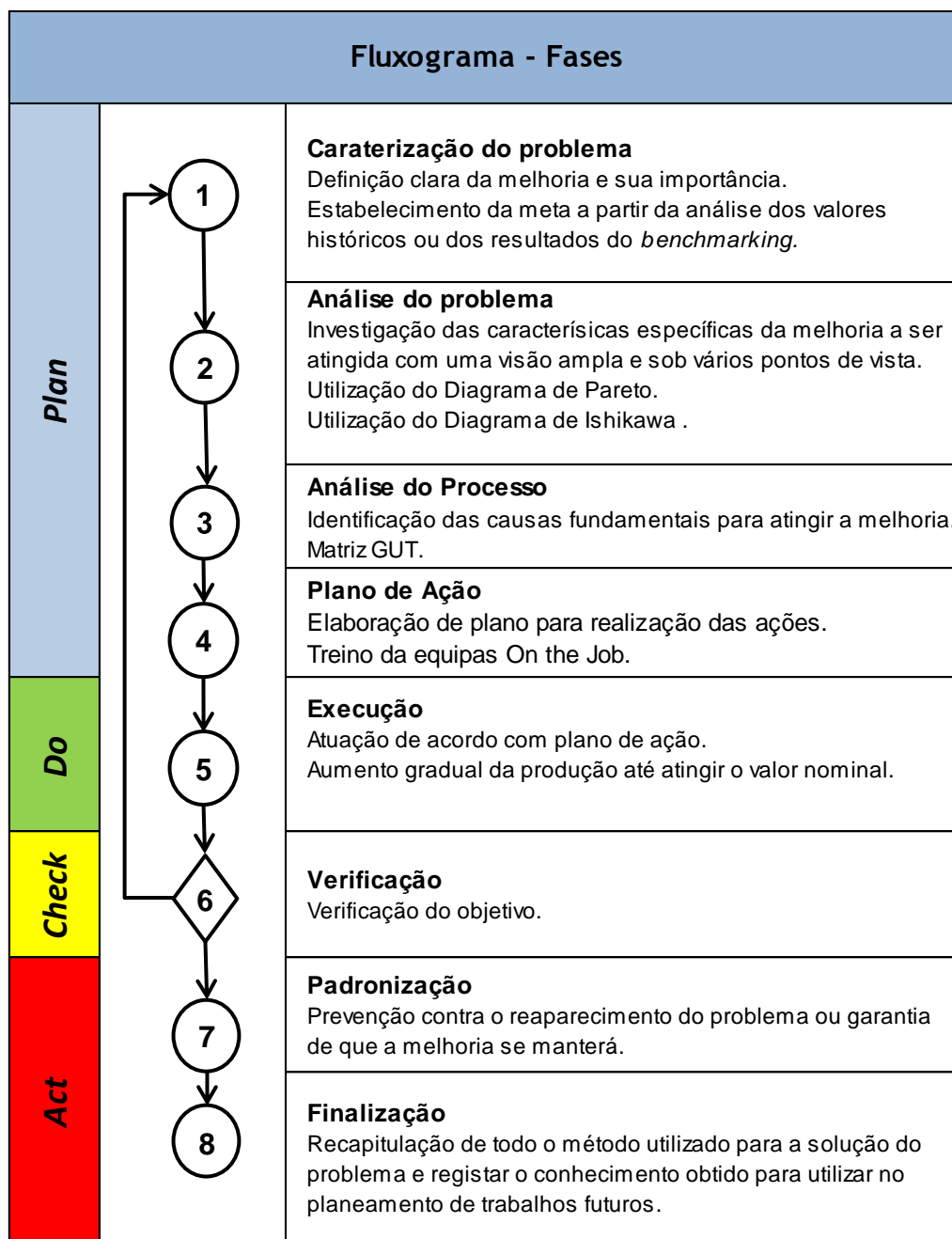


Figura 5.1 - Fluxograma do PDCA (Adaptado de Werkema, 2012)

As fases indicadas no fluxograma, comum à redução dos desperdícios de papel e à redução do consumo de energia são clarificadas a seguir.

### 5.1.1 Redução do desperdício de papel

#### Planeamento (*Plan*)

A fase de planeamento consistiu no estabelecimento da meta e dos métodos propostos para o seu alcance. Foi subdividida em 4 fases: caraterizar o problema, análise do problema, análise do processo e plano de ação.

- **Caraterizar o problema**

Foi definido claramente a melhoria que se pretendeu implementar, a sua importância e os benefícios resultantes, tanto ao nível da redução de custos como da melhoria do processo de fabrico.

A definição do valor da meta a atingir (3%), no final do ano, resultou da análise dos valores históricos e do conhecimento dos resultados de *benchmarking* conhecidos de equipamentos a funcionar com características e capacidades de produção semelhantes.

O resultado obtido para a Taxa de Desperdício do ano anterior foi de 3,4%. Foi considerado pela equipa que o valor 3% era possível, embora difícil de atingir.

- **Análise do problema**

Para identificação das causas que potenciavam os valores de desperdícios de papel foram utilizadas ferramentas da Qualidade, nomeadamente o diagrama de Pareto para identificação dos problemas principais, o Diagrama de *Ishikawa* para identificação das causas que dão origem aos problemas.

Os problemas que causam os desperdícios de papel são a rejeição durante o fluxo produtivo, a mudança de formato, encravamentos, avarias e outros. A quantidade de desperdícios foi obtida pela pesagem dos resíduos resultantes nestes problemas durante um mês.

Utilizando as quantidades de papel desperdiçado pelos vários problemas existentes, a utilização do diagrama de Pareto, na figura 5.2, mostrou que os principais problemas que davam origem ao desperdício de papel eram a “rejeição do produto em curso de produção” e a “mudança de formato”, isto é, a alteração do tipo de sacos de acordo com as necessidades dos clientes. Foram estes os problemas analisados porque constituíam as fontes de maior produção de resíduos.

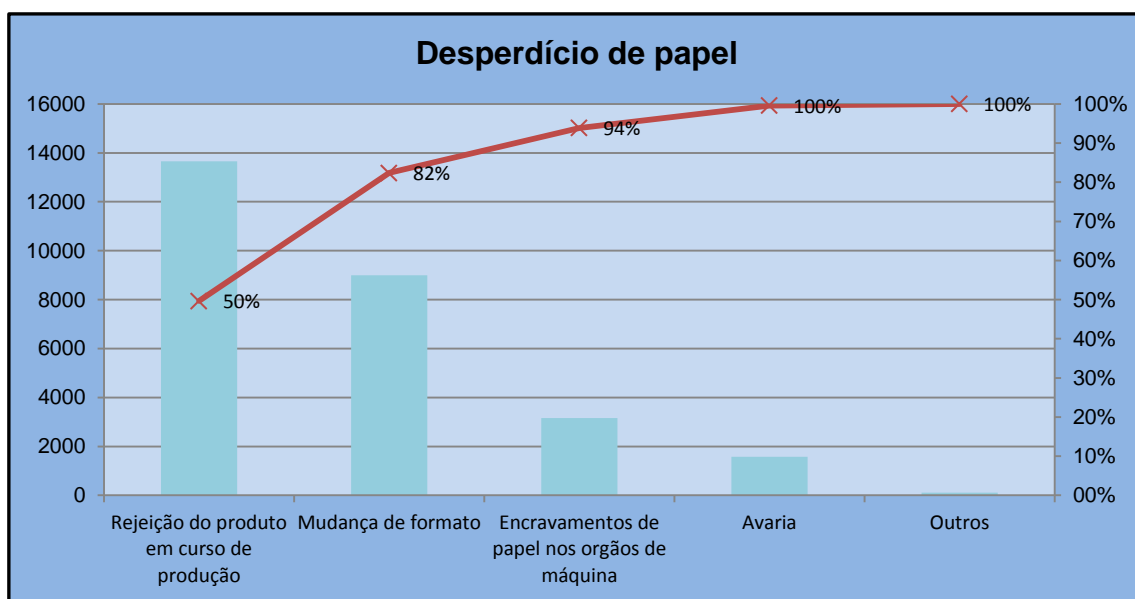


Figura 5.2 - Diagrama de Pareto - Problemas

Com o conhecimento dos principais problemas que dão origem ao desperdício, foi necessário identificar as suas causas. Estas foram obtidas por ações de *brainstorming* com os participantes da equipa. Para o problema identificado de “rejeição do produto em curso de produção” foram apresentadas as causas, que deram origem ao Diagrama de Ishikawa da figura 5.3.

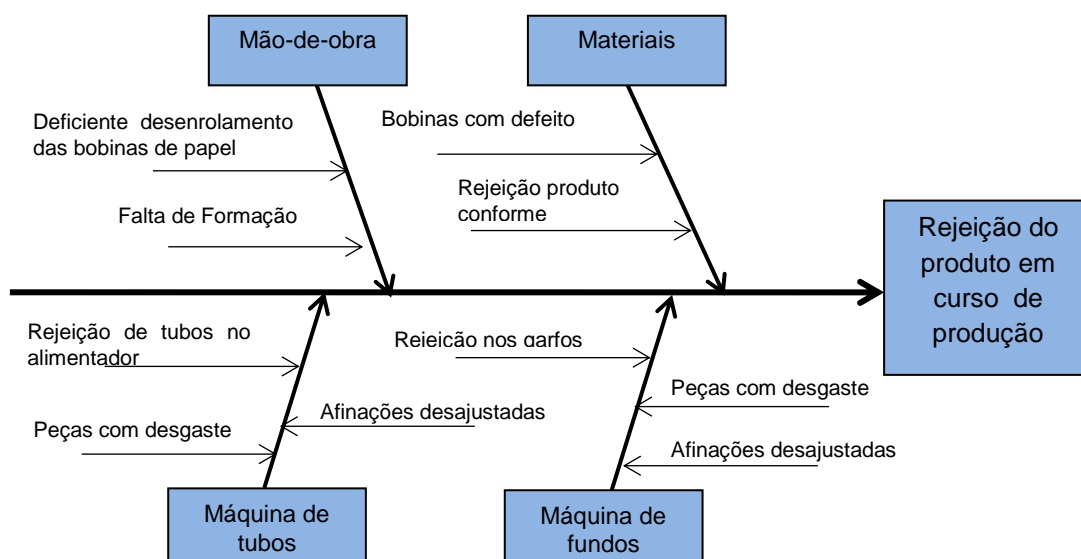


Figura 5.3 - Causas do problema - Rejeição de sacos em curso do processo

Para identificação das causas do problema da “mudança de formato” foi utilizado o processo anterior e que deu origem ao diagrama da figura 5.4.

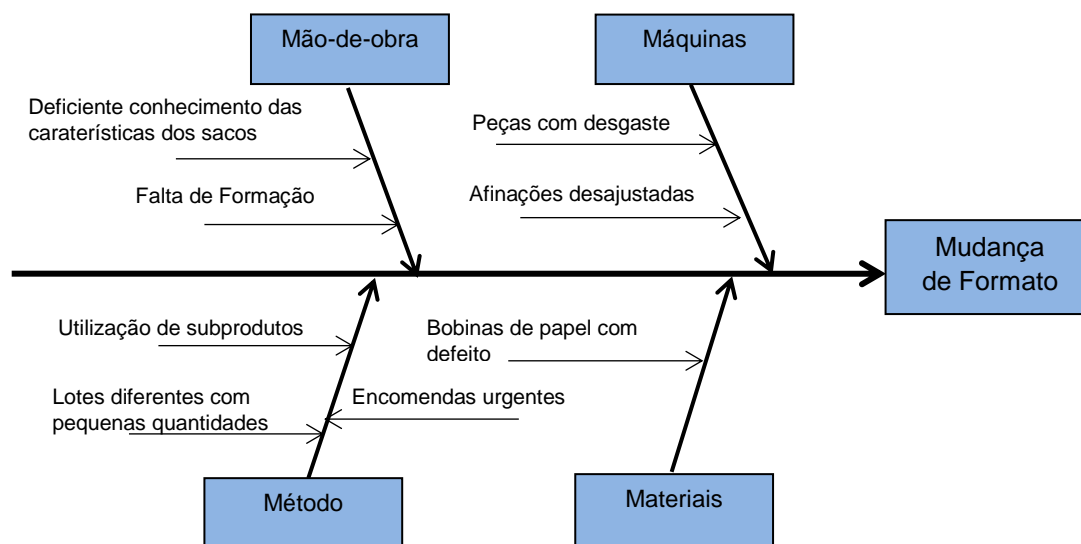


Figura 5.4 - Causas do problema - Mudança do formato do saco

#### • Análise do processo

Com as causas identificadas nos diagramas anteriores foi necessário conhecer as causas prioritárias a anular com ações a realizar. Para o efeito foi utilizada a Matriz GUT.

O preenchimento da matriz foi realizada pelos participantes da equipa da implementação do PDCA. Os resultados estão indicados na matriz da tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Classificação da prioridade das causas da rejeição de sacos

| Causas                                    | Gravidade | Urgência | Tendência | Pontuação (GxUxT) |
|---|-----------|----------|-----------|-------------------|
| Desenrolamento das bobinas de papel       | 2         | 3        | 4         | 24                |
| Falta de Formação                         | 3         | 4        | 4         | 48                |
| Rejeição de matérias primas               | 4         | 3        | 5         | 60                |
| Rejeição de produto conforme              | 3         | 3        | 4         | 36                |
| Rejeição de tubos no alimentador          | 2         | 3        | 4         | 24                |
| Peças com desgaste na máq. de tubos       | 4         | 5        | 5         | 100               |
| Afições desajustadas                      | 4         | 4        | 5         | 80                |
| Rejeição nos garfos                       | 3         | 2        | 4         | 24                |
| Peças com desgaste na máquina de fundos   | 4         | 5        | 5         | 100               |
| Afições desajustadas na máquina de fundos | 4         | 4        | 5         | 80                |

Igualmente a prioridade das causas que davam origem ao problema da mudança de formato está indicado na matriz da tabela 5.4.

*Tabela 5.4 - Classificação da prioridade das causas da mudança de formato*

| <b>Causas</b>                                  | <b>Gravidade</b> | <b>Urgência</b> | <b>Tendência</b> | <b>Pontuação<br/>(GxUxT)</b> |
|--|------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| Desconhecimentos das características dos sacos | 2                | 3               | 4                | 24                           |
| Falta de Formação                              | 3                | 4               | 4                | 48                           |
| Peças com desgaste                             | 4                | 5               | 5                | 100                          |
| Afinações desajustadas                         | 4                | 4               | 5                | 80                           |
| Utilização de subprodutos para afinações       | 3                | 3               | 3                | 27                           |
| Lotes diferentes com pequenas quantidades      | 4                | 4               | 3                | 48                           |
| Bobinas de papel com defeito                   | 4                | 3               | 5                | 60                           |
| Encomendas urgentes                            | 3                | 2               | 3                | 18                           |

Considerando os resultados das 2 matrizes foram priorizadas as causas. Descrevem-se as 6 causas com maior classificação de prioridade:

1. Peças com desgaste (classificação 100)

As avarias provocadas por desgastes ou colapsos de órgãos mecânicos dos equipamentos eram a principal causa da produção de resíduos resultantes de produto não conforme fabricado que davam origem aos resíduos.

2. Afinações desajustadas (classificação 80)

Algumas afinações dos equipamentos por estarem incorretas ocasionavam produto não conforme. Para correção das afinações era necessário a colocação dos equipamentos em serviço e a utilização de produto intermédio (papel) das fases anteriores, que até à estabilização dava origem à produção de resíduos.

3. Bobinas de papel com defeito (classificação 60)

Durante o funcionamento verificavam-se muitas roturas do papel atribuídas a defeitos de fabrico das bobinas que dão origem a paragens e à necessidade da sua substituição. Os defeitos mais comuns eram geralmente ocasionados por má formação das bobinas e alterações da espessura do papel.

4. Falta de formação (classificação 48)

O fabrico de cada tipo de saco, devido às dimensões e ao número de folhas, obriga a ajustes dos equipamentos das máquinas das linhas de fabrico. Sempre que há necessidade do fabrico de tipos diferentes, há necessidade de alterações dos ajustes. Estes são realizados pelos operadores do processo de fabrico. Verificava-se que muitos desses ajustes não eram feitos corretamente e originavam paragens e desperdícios de papel. Verificou que o desconhecimento das características dos tipos sacos e do funcionamento das máquinas, por falta de formação, estavam na origem da produção de produtos não conformes, que davam origem a desperdícios.

#### 5. Produção de lotes de pequenas quantidades (classificação 48)

Sempre que há necessidade de fabrico de novos sacos com características e dimensões diferentes aos fabricados anteriormente é necessário fazer ajustes nas máquinas para esses novos sacos. Essas adaptações são realizadas com alterações do controlo e com novas regulações dos equipamentos mecânicos. Até o processo ficar estabilizado são produzidos desperdícios de papel. Por este motivo, o fabrico frequente de lotes diferentes com pequenas quantidades de sacos aumenta a quantidade de desperdícios.

#### 6. Rejeição do produto conforme (classificação 36)

Os controlos automáticos ao longo do processo produtivo analisam as características de qualidade e dimensionamento dos produtos. Se não estiverem dentro dos valores definidos das respetivas fichas técnicas são rejeitados. Acontecia que por vezes eram os próprios sensores que devido a deslocamentos ou avarias, rejeitam produtos conformes. Este facto dava origem à produção de desperdícios.

- **Plano de ação**

Com a informação resultante da análise das causas foi elaborado o plano de ação para a redução do desperdício de papel. O plano indica as causas prioritárias, o que fazer, quem deverá fazer e como fazer. Está também definido com serão feitas as ações o prazo de execução e a situação atual da ação.

Durante o estudo foi possível verificar a implementação das ações a realizar para correção das causas prioritárias detetadas mas não a finalização de todas.

O plano de ação proposto para o *PDCA* está indicado na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Plano de ação de redução do desperdício de papel

| PDCA – Plano de Ação |  |  |  |  |          |     |          |
|----------------------|--|--|--|--|----------|-----|----------|
| N.º                  | CAUSA  | O QUE FAZER                                | QUEM   | COMO FAZER   | PLANEADO |     | ESTADO   |
|                      |  |  |  |  | INICIO   | FIM |          |
| 1                    | Peças com desgaste                                   | Manutenção preventiva                      | Responsável da Produção e Manutenção                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar a frequência das ações da manutenção preventiva nos equipamentos das linhas de fabrico.</li> </ul>   | JAN      | DEZ | Em curso |
| 2                    | Afinações incorretas                                 | Formação On-Job para operadores            | Responsável da Produção e Manutenção                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar o plano de formação.</li> <li>Implementar ações de formação On-Job para operadores.</li> </ul>   | JAN      | DEZ | Em curso |
| 3                    | Bobinas de papel                                     | Melhorar a receção das matérias-primas     | Responsável da Produção e Manutenção e Responsável armazém | <ul style="list-style-type: none"> <li>Definir novos critérios de aceitação para a receção das bobinas de papel.</li> <li>Fazer a inspeção visual ao estado e forma das bobinas, na receção.</li> <li>Incluir auditorias aos fornecedores</li> </ul> | JAN      | DEZ | Em curso |
| 4                    | Falta de formação operadores                         | Formação                                   | Responsável Recursos Humanos                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Incluir ações específicas de formação para cada atividade da empresa no plano Anual de Formação</li> </ul>  | JAN      | DEZ | Em curso |
| 5                    | Produção de lotes diferentes de pequenas quantidades | Aumentar as quantidades dos lotes de sacos | Serviços Comerciais  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilizar os clientes para compras de lotes com maiores quantidades</li> </ul>   | JAN      | DEZ | Em curso |
| 6                    | Rejeição de produto conforme                         | Implementar manutenção preditiva           | Responsável da Produção e Manutenção                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar proposta de implementação de manutenção preditiva</li> <li>Elaborar plano de implementação.</li> </ul>   | JAN      | DEZ | Em curso |

### Executar (Do)

Nesta fase foi dado cumprimento ao plano, cujas ações são clarificadas a seguir:

#### 1. Peças com desgaste

Pelas paragens frequentes devido a desgaste ou colapso de órgão mecânico verificou-se que o plano de manutenção preventiva não era eficaz. Por este motivo os planos foram otimizados com o estabelecimento de maior frequência das ações preventivas aos equipamentos das linhas de produção.

## 2. Afinações incorretas

Elaboração de um plano de formação *On-Job* para os operadores de produção das linhas de fabrico, de modo a aumentar o conhecimento sobre os trabalhos de afinações dos equipamentos durante os ajustamentos para alteração dos tipos de sacos a fabricar. Esta ação irá aumentar a disponibilidade dos equipamentos, devido à redução dos tempos dos trabalhos necessários, pelo que os equipamentos irão atingir a estabilização da produção mais rapidamente;

## 3. Bobinas de papel com defeito

Durante a receção das bobinas de papel recebidas dos fornecedores, os critérios de aceitação passaram a incluir a inspeção visual ao aspeto geral das bobinas de modo a recusar aquelas com deformações motivadas pelo fabrico ou pelo transporte. As paragens das máquinas provocadas por alterações da espessura do papel passaram a ser contabilizadas. Os fornecedores passaram a ser informados das não conformidades e paragens ocorridas com causas atribuídas à má qualidade do produto fornecido, tendo em vista eventuais penalizações. Foi proposta a realização de auditorias nas instalações dos clientes.

## 4. Falta de formação

O Plano Anual de Formação passou a incluir mais ações específicas no perfil de formação dos operadores, relacionadas com o desempenho das funções.

## 5. Produção de lotes diferentes com pequenas quantidades

Os Serviços Comerciais definiram estratégias de *marketing* para sensibilizar os clientes a adquirirem lotes com maior quantidade de sacos. Este facto reduziu a quantidade de paragens.

## 6. Rejeição de produto conforme

Implementação de manutenção preditiva na empresa, de modo a acompanhar o estado dos equipamentos das linhas fabris para diagnóstico e análise da tendência da falha que pode ocorrer. Foi elaborado o plano de ação e definidos os equipamentos para a fase inicial da implementação.



### **Verificação (*Check*)**

Nesta fase verificaram-se os resultados das ações implementadas na fase anterior.

No final do ano foi verificado se objetivo foi atingido. Os resultados conhecidos estão indicados no Capítulo 5. Os dados recolhidos sobre as anomalias verificadas foram analisados e implementadas ações corretivas. Após realizada a investigação das causas das avarias ou desvios no processo, repetiu-se o ciclo *PDCA* para corrigir as avarias ou comportamentos de forma a melhorar cada vez mais o sistema e o método de trabalho.

### **Atuação (*Act*)**

Se o objetivo for alcançado significa que o método e as ações implementadas foram eficazes, As ações deverão continuar com novo ciclo *PDCA* com o fim de manter ou melhorar o objetivo.

Se o objetivo não for atingido deverão ser analisados os dados recolhidos relativos às anomalias registadas e definidas novas ações corretivas em novo ciclo *PDCA*.

Os resultados da implementação do *PDCA* serão analisados no Capítulo 6.

## **5.1.2 Redução do consumo de energia elétrica**

### **Planeamento (*Plan*)**

A fase de planeamento consistiu no estabelecimento da meta e dos métodos propostos para o seu alcance. Foi subdividida em 4 fases: caraterizar o problema, análise do problema, análise do processo e plano de ação.

- **Caraterizar o problema**

O valor definido como objetivo para o fator de consumo de energia elétrica foi de 13 kWh por cada 1000 sacos fabricados. Este valor foi obtido pela análise valores anteriores e corresponde a uma percentagem de redução de 6 % relativamente ao valor obtido no ano anterior.

- **Análise do problema**

O desperdício de energia foi considerado um problema para o qual a empresa deveria criar ações para a sua redução a curto prazo. No entanto não foi possível obter dados das quantificações dos desperdícios de consumo de energia elétrica devido à falta de contadores parciais na rede elétrica. Para colmatar este facto foram realizadas ações de *brainstorming*

com os participantes da equipa com o fim de identificar as causas que produzem desperdícios de energia. Os participantes da equipa pelo conhecimento do funcionamento das instalações e pela experiência acumulada deram informações consideradas úteis para a identificação de causas que originam desperdícios de energia. Estas estão identificadas no Diagrama de Ishikawa da figura 5.5.

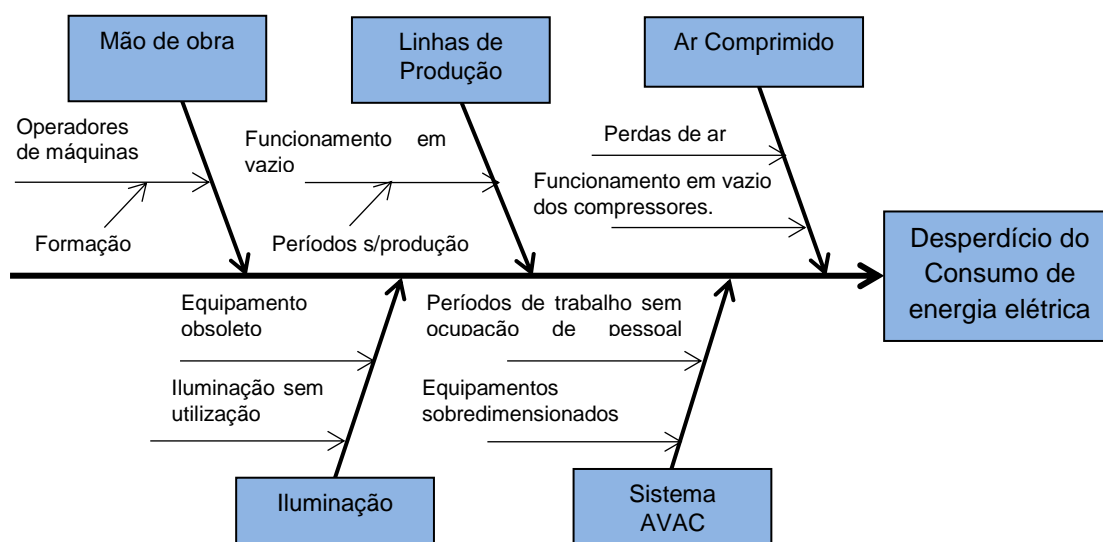


Figura 5.5 - Diagrama de Ishikawa – Desperdício do consumo de energia

### Análise do processo

Com as causas identificadas no diagrama anteriores foi necessário conhecer as causas prioritárias a realizar. Para o efeito foi utilizada a matriz GUT.

O preenchimento da matriz foi realizado pelos participantes da equipa da implementação do PDCA.

Os resultados estão indicados na tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Classificação da prioridade das causas do desperdício de energia

| Causas                                      | Gravidade | Urgência | Tendência | Pontuação (GxUxT) |
|---|-----------|----------|-----------|-------------------|
| Operadores de máquinas - Formação           | 2         | 3        | 3         | 18                |
| Funcionamento em vazio – Períodos s/ prod.  | 4         | 4        | 5         | 80                |
| Perdas de ar comprimido                     | 4         | 2        | 5         | 60                |
| Funcionamento em vazio dos compressores     | 3         | 3        | 5         | 45                |
| Equipamentos de iluminação obsoleto         | 3         | 3        | 3         | 27                |
| Iluminação sem utilização                   | 3         | 3        | 3         | 27                |
| Sistemas AVAC a trab. s/ocupação de pessoal | 3         | 4        | 3         | 36                |
| Equipamentos sobredimensionados             | 2         | 2        | 3         | 12                |

Considerando os resultados da matriz foram identificadas as 6 principais causas dos desperdícios de energia elétrica:

1. Funcionamento sem produção das linhas de fabrico (classificação 80)

Nos períodos de não produção, por avaria de equipamentos do processo ou por alterações do fabrico de novos sacos, com frequência os equipamentos das linhas de produção mantêm-se em funcionamento por largos períodos de tempos, sem qualquer fundamento, com consumos supérfluos de energia elétrica. Estas situações são frequentes e causam desperdício de energia.

2. Perdas de ar comprimido (classificação 60)

As perdas de ar são devidas a fugas nas redes de distribuição de ar comprimido e nos componentes pneumáticos das máquinas. Estas fugas obrigam a maior período de funcionamento dos compressores e portanto dão origem a maiores consumos energia.

3. Funcionamento em vazio dos compressores (classificação 45)

Os elementos pneumáticos não necessitam de ar comprimido durante os períodos de não funcionamento das linhas de produção. No entanto, os motores de acionamento dos compressores ficam em funcionamento. Embora o consumo elétrico seja menor porque os compressores ficam a trabalhar sem carga, são produzidas perdas importantes de energia elétrica.

4. Sistema AVAC a funcionar sem utilidade (classificação 36).

Os equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) funcionam longos períodos de tempo sem necessidade.

5. Equipamentos de iluminação obsoletos (classificação 27).

A iluminação principal das instalações fabris é efetuada por lâmpada fluorescentes de 58 W com balastros tradicionais e arrancadores, colocadas em luminárias duplas. Este tipo é considerado obsoleto pelo baixo fator de potência e a reduzida eficiência comparada com as novas luminárias equipada com lâmpadas de tecnologia *LED*.

6. Iluminação ligada em períodos desnecessários (classificação 27).

A iluminação fica ligada por longos períodos sem qualquer utilidade, devido a esquecimento, o que origina a consumos desnecessários de energia elétrica.

### **Plano de ação**

Com a informação resultante da análise das análises anteriores foi criado o plano de ação com as ações a realizar para correção das causas prioritárias que dão origem a desperdícios de consumos de energia elétrica.

O plano proposto para o PDCA está indicado na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Plano de ação para a redução do consumo de energia elétrica

| PDCA – Plano de Ação |  |  |                                      |  |             |     |          |
|----------------------|--|--|--------------------------------------|--|-------------|-----|----------|
| N.º                  | CAUSA  | O QUE FAZER                                      | QUEM                                 | COMO FAZER   | PLANEADO    |     | ESTADO   |
|                      |  |  |                                      |  | INICIO      | FIM |          |
| 1                    | Funcionamento das linhas de fabrico sem produção | Otimizar o funcionamento dos equipamentos        | Operadores de máquinas               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Paragem dos equipamentos após 1 hora de funcionamento sem produção</li> </ul>                                 | IMEDIATO    |     | Em curso |
| 2                    | Perdas de ar comprimido                          | Manutenção preventiva                            | Equipa de manutenção                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar a frequência das ações da manutenção preventiva nos equipamentos das linhas de fabrico.</li> </ul>   | Curto prazo |     | Em curso |
| 3                    | Funcionamento em vazio dos compressores          | Otimizar o funcionamento dos compressores        | Responsável da Produção e Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>Propor a aquisição de variadores de velocidade nos motores dos compressores. Fazer a implementação</li> </ul> | Médio prazo |     | Em curso |
| 4                    | Sistema AVAC a funcionar sem utilidade           | Montagem de novos equipamentos                   | Responsável da Produção e Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboração de proposta para aquisição de novos equipamentos</li> </ul>  | Jan         | DEZ | Em curso |
| 5                    | Equipamentos de iluminação obsoletos             | Substituição das luminárias                      | Responsável da Produção e Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>Propor a substituição das luminárias existentes por iluminação LED. Fazer a implementação</li> </ul>          | Jan         | DEZ | Em curso |
| 6                    | Iluminação ligada em períodos desnecessários     | Montagem de sensores de movimento / temporizados | Responsável da Produção e Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>Propor a aquisição e montagem de sensores na iluminação</li> </ul>  | Jan         | DEZ | Em curso |

### Executar (Do)

Nesta fase foi dado cumprimento ao plano, cujas ações são clarificadas a seguir:

#### 1. Funcionamento das linhas de fabrico sem produção.

Sempre que não há produção por motivos relacionados com anomalias, os restantes equipamentos da linha serão desligados se a anomalia persistir por mais de 1 hora. Com esta ação além da redução do consumo de energia elétrica reduz-se a fadiga mecânica dos equipamentos.

## 2. Perdas de ar comprimido

Alterar o plano de manutenção preventiva com o fim de aumentar a frequência das ações para anulação das fugas na rede de ar comprimido.

## 3. Trabalho em vazio dos compressores ar comprimido

Implementação de montagem de variadores de velocidade nos motores elétricos dos compressores para que a produção de ar comprimido seja adaptada às necessidades dos consumos dos equipamentos.

## 4. Sistema AVAC a funcionar sem utilidade

Elaboração de proposta para aquisição de novos equipamentos adequados às necessidades atuais das instalações fabris, para o tratamento do ar ambiente e dos equipamentos fabris.

## 5. Equipamentos de iluminação obsoletos

Implementação das ações de substituição dos atuais equipamentos de iluminação por outros de maior eficiência, por exemplo de tecnologia *LED*.

## 6. Iluminação ligada em períodos desnecessário

Implementação da colocação de sensores de movimento/temporizados para desligar a iluminação quando os locais não estão são ocupados, sem colocar em risco a Segurança das pessoas. Serão feitas Ações de Sensibilização para alteração dos hábitos comportamentais com vista à redução dos consumos energéticos.

### **Verificação (*Check*)**

Nesta fase verificam-se os resultados das ações implementadas na fase anterior. São analisados os resultados da análise dos dados para verificar se o objetivo foi atingido. Os dados recolhidos sobre as anomalias verificadas também são analisados para implementação de eventuais ações de manutenção corretiva. Após realizada a investigação das causas das avarias ou desvios no processo, deve-se repetir, ou aplicar o ciclo *PDCA* para corrigir as avarias ou comportamentos de forma a melhorar cada vez mais o sistema e o método de trabalho.

### Atuação (Act)

Se o objetivo for alcançado significa que o método e as ações implementadas foram eficazes, As ações deverão continuar com novo ciclo *PDCA* com o fim de manter ou melhorar o objetivo.

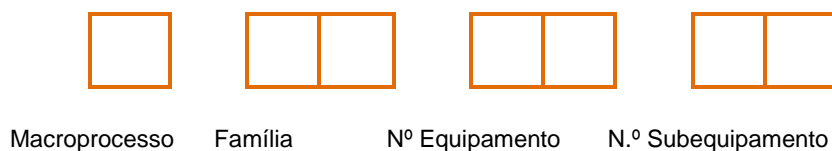
Se o objetivo não for atingido deverão ser analisados os dados recolhidos relativos às anomalias registadas e definidas novas ações corretivas em novo ciclo *PDCA*.

Os resultados da implementação dos *PDCA* serão analisados no capítulo 6.

## 5.2 Codificação de Máquinas

A codificação das máquinas é uma necessidade das empresas e tem como objetivo a identificação clara e inequívoca dos equipamentos existentes nas instalações, de modo que o código possa identificar cada equipamento e os seus componentes. O código é utilizado para diversos fins, nomeadamente para planeamento da manutenção, contabilização dos custos e gestão do património.

Uma vez que grande quantidade de equipamentos não estavam codificados, foi feita uma proposta nesse sentido, assim, de uma forma intuitiva, expedita e fácil, foi criado um código alfanumérico composto por um conjunto de 7 caracteres dividido em 4 grupos:



1º Grupo – Macroprocesso

2º Grupo – Família

3º Grupo – Nº do Equipamento, sequencial

4º Grupo – Nº do Subequipamento, sequencial

O 1º grupo pode ter as letras P, M ou U, que identificam o equipamento como:

P – Equipamento de Produção

M – Equipamento Móvel

U – Equipamento associado às Utilidades

O 2º grupo tem 2 caracteres e as seguintes possibilidades de códigos:

BA – Bombagem de Água  
BC – Bomba de Cola  
BV – Bomba de Vácuo  
CA – Caldeira  
CP – Compressor de Ar  
DE – Depósito  
EP – Empilhador  
FU – Fundos  
IM – Impressora  
MC – Máquina Citar  
PA – Paletizadora  
SE – Secador de Ar Comprimido  
RE – Reservatório de Ar Comprimido  
TE – Tratamento Efluentes  
TP – Telas de Prensagem  
TR – Transportadores  
TU – Tubos  
UC – Unidade de Climatização  
VR – Varredora

O 3º grupo é composto por 2 algarismos atribuídos sequencialmente aos equipamentos.

O 4º grupo é composto por 2 algarismos atribuídos sequencialmente aos subequipamentos.

Exemplos:



Motor elétrico (02) da bomba de vácuo (BV) (5), equipamento da produção (P).



Garfos (06) do empilhador (EP) (3), equipamento móvel (M).



Indica-se na Tabela 5.8 a aplicação da proposta para os equipamentos fabris principais. A tabela completa foi colocada em anexo (A6).

*Tabela 5.8 - Codificação dos equipamentos fabris*

| <b>Código</b> | <b>Máquina</b>                      | <b>Modelo</b>            |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------|
| P-IM-01.00    | Impressora flexográfica n.º 1       | Flexa 820                |
| P-TU-02.00    | Produção de Tubos n.º 2             | AM 2145 S                |
| P-TR-01.00    | Transportador n.º 1                 | Transystems              |
| P-FU-01.00    | Produção de Fundos n.º 1            | Fundos AD 2377           |
| P-TP-01.00    | Telas de prensagem n.º 1            | Transystems              |
| P-BV-06.00    | Produção de vácuo - Busch n.º 2     | MM1252AV - Garras        |
| P-CP-01.00    | Compressor de ar - Hydrovane n.º 1  | 21808-200                |
| M-EP-04.00    | Empilhador - Komatsu n.º 4          | FB16M-2                  |
| M-VR-01.00    | Varredora-American Lincoln n.º 1    | 7760                     |
| U-CA-01.00    | Caldeira de aquecimento de água     | CTA                      |
| P-PA-03.00    | Paletizadora n.º 3                  | Arcomat 3                |
| P-MC-01.00    | Máquina de cintar n.º 1             | OMS                      |
| P-BC-01.00    | Bomba de cola dos aplicadores n.º 1 | Steimel- T 6-80 PDD-GKGM |

### 5.3 Sistema Informático da Gestão da Manutenção

A empresa tem implementado o sistema informático SAP que faz a gestão administrativa e comercial. Devido à falta de recursos não tinha sido possível a inclusão do módulo SAP PM de gestão da manutenção. O módulo SAP PM é um sistema integrado de gestão específico para apoiar o planeamento e a execução de tarefas relacionadas com a manutenção. Permite o planeamento das intervenções a realizar, manutenções preventivas ou corretivas, o controlo de avarias ocorridas e todo o registo histórico dos equipamentos, isto é, contempla tudo o que vai estar envolvido na execução e confirmação das tarefas, responsáveis, ferramentas e materiais necessários. Dá acesso a um histórico de manutenção, possibilitando um maior controlo dos custos associados. A inclusão deste módulo obriga a disponibilizar um operador a tempo inteiro o que também não tinha sido possível naquela altura.

A gestão da manutenção atualmente estava implementada em folhas *Excel*. Os dados eram recolhidos das máquinas pelos operadores em folhas de registo e introduzidos na base de dados. Os indicadores eram obtidos por fórmulas associadas ao cálculo respetivo.

Para adaptação dos técnicos de manutenção da empresa ao novo sistema informático SAP PM, quando este for disponibilizado, foi decidido iniciar-se a preparação com um sistema informático de fácil aquisição e implementado provisoriamente.

Durante o estudo foram analisados vários *softwares* de gestão da manutenção disponibilizados na internet e com possibilidades de aplicação na gestão da manutenção na empresa.

Da análise dos sistemas disponíveis verificou-se que o mais adaptado para a gestão da manutenção da empresa era o *software* informático *Cworks*. Este tem disponível uma versão gratuita, a qual foi objeto de estudo, por ser de fácil entendimento para os operadores.

Foram realizadas ações de formação com operadores da manutenção, cujos temas tiveram como objeto o conhecimento e a preparação para utilizarem o sistema informático nas suas atividades de manutenção.

## **5.4 Implementação da Metodologia 5S**

Foi proposta e iniciou-se a implementação da metodologia 5S nas instalações fabris para criar e manter um ambiente de trabalho organizado, limpo, seguro e agradável, que facilitasse o trabalho diário e ajudasse a fornecer serviço de qualidade nas áreas operacionais e administrativas, a obtenção de impactos positivos de Segurança e a redução dos custos e desperdícios operacionais. A implementação incluiu as seguintes etapas:

### **Indicação do responsável**

A chefia indicou a pessoa responsável pela implementação, selecionada entre voluntários das diversas áreas. Ao responsável foi dada formação adequada para implementação da metodologia.

### **Definição das áreas selecionadas**

Foram definidas as áreas da implementação do 5S no espaço fabril. Com a utilização da planta das instalações foram definidos as áreas das linhas de produção, armazéns, salas técnicas e administrativas.

### **Reunião inicial**

O responsável da implementação realizou uma reunião inicial com a equipa de implementação para tratamento dos temas: formação e treino dos colaboradores envolvidos, periodicidade das reuniões e definição dos objetivos a atingir.

### **Elaboração do planeamento**

Foi definido que a prioridade da implementação era nas áreas seleccionadas. Os critérios seleccionados com a utilização da metodologia foram: redução dos riscos de segurança, impacte em qualidade e aumento da produtividade.

### **Divulgação**

O responsável promoveu a sensibilização dos participantes para a implementação, nomeadamente, informação sobre a metodologia 5S, indicação das pessoas diretamente envolvidas e informação das datas de início da implementação em cada área.

### **Início da implementação**

O dia do início da implementação representou o início da aplicação sequencial dos 5 princípios da metodologia, significou um marco essencial na mudança de comportamento e compromisso para alcançar os objetivos do 5S. As práticas foram promovidas pelo responsável que integrou as pessoas envolvidas de maneira simples e participativa.

### **Realização de auditorias**

Para garantir a sustentabilidade da metodologia, foi estabelecido um plano anual de auditorias que contempla os seguintes pontos: área a auditar, auditor que realiza a auditoria e período da realização das auditorias.

O auditor não deverá auditar a sua área de trabalho. As anomalias encontradas deverão ser do conhecimento do responsável da área auditada, que providenciará a realização das ações corretivas. A figura 5.9 indica um Registo de Auditoria.

Tabela 5.9 - Registo de auditoria

| <b>AUDITORIA 5S</b>                 |   |                  |              |           |                    |
|-------------------------------------|---|------------------|--------------|-----------|--------------------|
| LOCAIS                              | 1S - UTILIZAÇÃO                             | 2S - ORGANIZAÇÃO | 3S - LIMPEZA | 5 - SAÚDE | 6 - AUTODISCIPLINA |
|                                     | NOTAS                                       |                  |              |           |                    |
| Placas e identificações             | 3   | 3                | 2            | 3         | 3                  |
| Equipamentos                        | 3   | 2                | 3            | 2         | 3                  |
| Tintas                              | 2   | 3                | 2            | 2         | 3                  |
| Iluminação e ventilação             | 3   | 2                | 4            | 3         | 3                  |
| Armários e arquivos                 | 3   | 3                | 3            | 3         | 3                  |
| Locais de trabalho                  | 2   | 2                | 3            | 3         | 3                  |
| Equipamentos de proteção individual | 4   | 3                | 3            | 3         | 3                  |
| <b>PONTUAÇÃO</b>                    | 20  | 18               | 20           | 19        | 21                 |
| Data da realização                  | <div> <div>TOTAL</div> <div>98</div> </div> |                  |              |           |                    |
| Área                                |   |                  |              |           |                    |
| Responsável                         |   |                  |              |           |                    |
| Auditor                             |   |                  |              |           |                    |

Pontuação de notas para cada um dos sentidos (tabela 5.10):

Tabela 5.10 - Pontuação da auditoria

| SENSOS              | CLASSIFICAÇÃO DOS SENSOS   |
|---------------------|--|
| 1S – UTILIZAÇÃO     | 1 – Não se observa a implementação do senso  |
| 2S – ORGANIZAÇÃO    | 2 – Verifica-se o início da implementação do senso                                     |
| 3S – LIMPEZA        | 3 – Verifica-se a implementação do senso mas foram encontradas N/C (não conformidades) |
| 4S – SAÚDE          | 4 – Senso implementado com oportunidades de melhoria                                   |
| 5S - AUTODISCIPLINA | 5 – Senso bem implementado   |

## Prémios

Para promover a motivação e competição saudável foram criados incentivos para os melhores desempenhos. Estes são obtidos através dos resultados das auditorias e de visitas sem aviso prévio aos locais. Os prémios são atribuídos periodicamente aos trabalhadores das áreas com melhor pontuação.

Exemplo da identificação de materiais antes da implementação da metodologia 5S (figura 5.6).



*Figura 5.6 - Arrumação e identificação de materiais antes da aplicação da metodologia 5S*

Exemplo da identificação de materiais depois da implementação da metodologia 5S (figura 5.7).



*Figura 5.7 - Arrumação e identificação de materiais depois da aplicação da metodologia 5S*



## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados conhecidos da implementação das oportunidades de melhoria tratadas no capítulo anterior.

### 6.1 Redução da Taxa de Desperdício de Papel

Na sequência do cumprimento do plano de ações de melhoria, a taxa de desperdício foi reduzindo com a implementação das ações de melhoria

O aumento das ações de manutenção preventiva fez reduzir as paragens por colapso dos órgãos mecânicos e a disponibilidade dos equipamentos aumentou. Diminui as paragens por avaria e o valor do desperdício de papel foram reduzindo.

As bobinas de papel foram rececionadas com melhores critérios de aceitação. Os fornecedores foram informados das não conformidades das bobinas durante o processo de fabrico, e melhoram a qualidade dos fornecimentos. A melhoria dos critérios de receção detetou bobinas deformadas por más movimentações durante as cargas e descargas e deficiente proteção durante o transporte.

Os operadores após o cumprimento da formação *On-Job* adquiriram mais conhecimentos para a realização da operação e ajustes dos equipamentos. Os ajustes dos novos formatos de sacos passaram a ser realizados com mais eficácia devido ao aumento das competências dos operadores.

Estes factos deram origem à redução da quantidade de paragens por anomalia dos equipamentos.

Como se verifica o valor na tabela seguinte o valor do mês de janeiro teve uma taxa de desperdício de 4,49%. Este valor elevado não reflete ainda as ações de melhoria que estavam a ser iniciadas. Nos meses seguintes os valores foram reduzindo com a implementação das ações. Alguns valores mensais ficaram abaixo do objetivo. O valor mensal de junho subiu relativamente à tendência anterior, devido a uma falta pontual da qualidade da folha de polipropileno que demorou algum tempo a ser corrigida.

No final de julho a taxa de desperdício mensal foi de 2,73%, sendo o valor acumulado de 3,17%, valor inferior ao do mês homólogo do ano anterior (3,33%). Os valores da taxa de desperdício estão indicados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Taxa de desperdício de papel

| Taxa de Desperdício de Papel |      |           |
|------------------------------|------|-----------|
| Mês                          | %    | Acumulado |
| Janeiro                      | 4,49 | 4,49      |
| Fevereiro                    | 3,86 | 4,15      |
| Março                        | 2,91 | 3,60      |
| Abril                        | 2,95 | 3,39      |
| Maio                         | 2,68 | 3,22      |
| Junho                        | 3,35 | 3,24      |
| Julho                        | 2,73 | 3,17      |

O gráfico da figura 6.1 indica a evolução da taxa de desperdício de papel desde o princípio do ano. O valor acumulado foi reduzindo desde a implementação do plano de ações. Verifica-se a tendência de redução da taxa de desperdício acumulada ao longo dos meses.

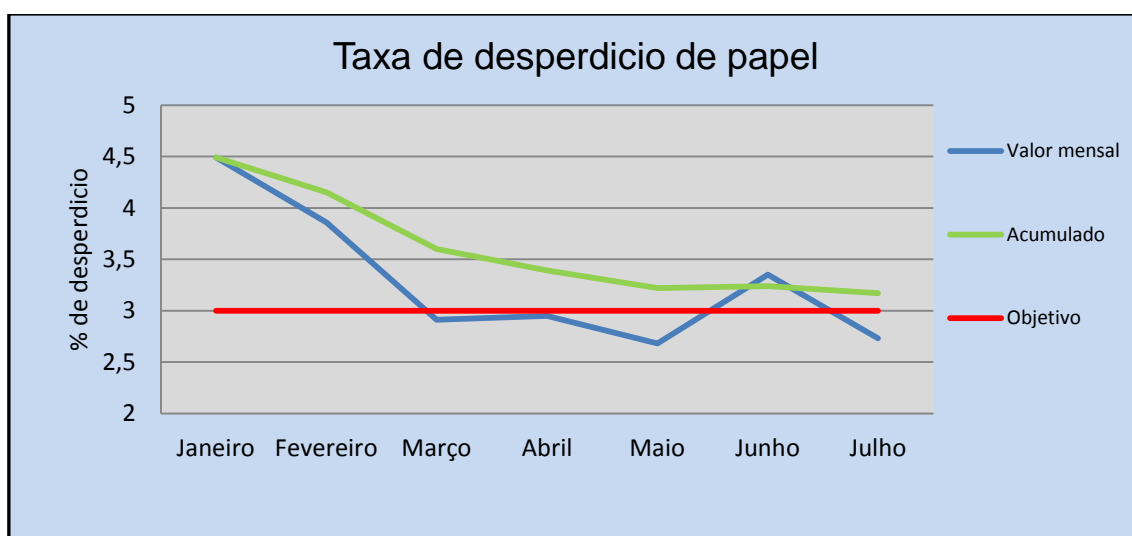


Figura 6.1 - Valores da taxa de desperdício de papel

## 6.2 Redução do Consumo de Energia Elétrica

Com o objetivo de consumo de energia elétrica de 13 kWh por cada 1000 sacos produzidos até ao final do ano, verificou-se um valor elevado no início do ano de 16,04 kWh/1000 sacos. Com os resultados das ações de melhoria que foram sendo implementadas de imediato os valores do consumo foram sendo reduzidos.

A ação imediata de paragem das máquinas das linhas de fabrico sempre que as avarias ocasionavam paragens de mais de 1 hora deram origem à redução do consumo de energia.



As ações de melhoria de anulação das fugas de ar comprimido na rede principal e nos órgãos pneumáticos dos equipamentos, reduziram os tempos de trabalho dos motores elétricos dos compressores.

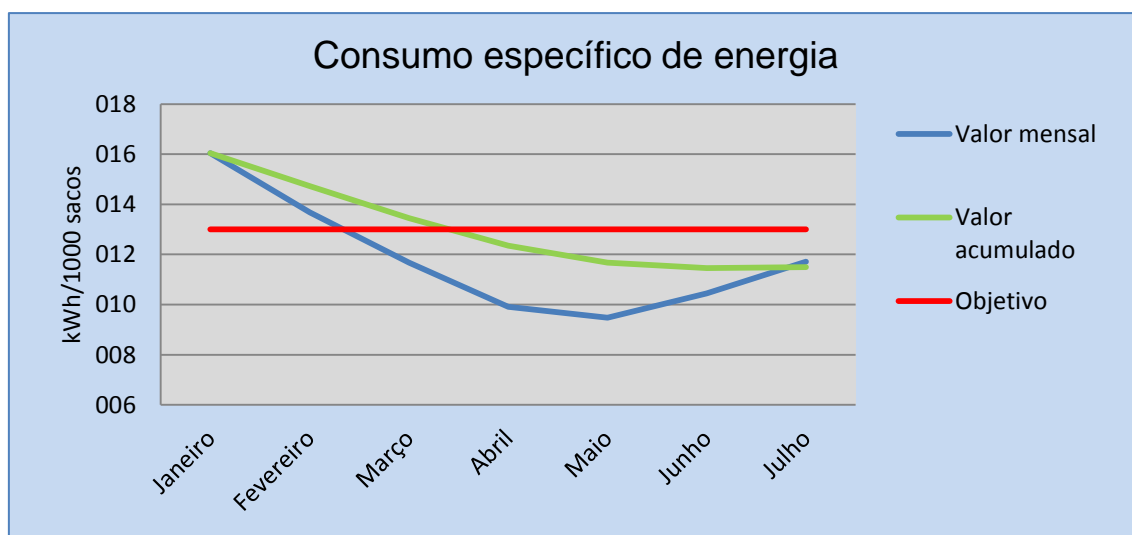
No final de julho o indicador do consumo de energia elétrica mensal foi de 11,71 kWh/1000 sacos e o valor acumulado foi de 11,49 kWh/1000 sacos, valor inferior 15% relativamente ao mês homólogo do ano anterior.

Os valores do indicado do consumo de energia elétrica estão indicados na Tabela 6.2.

*Tabela 6.2 - Consumo de energia elétrica*

| Indicador do consumo de energia elétrica |                |           |
|--|----------------|-----------|
| Mês                                      | kWh/1000 sacos | Acumulado |
| Janeiro                                  | 16,04          | 16,04     |
| Fevereiro                                | 13,68          | 14,73     |
| Março                                    | 11,67          | 13,45     |
| Abril                                    | 9,92           | 12,35     |
| Maio                                     | 9,47           | 11,67     |
| Junho                                    | 10,45          | 11,46     |
| Julho                                    | 11,71          | 11,49     |

O gráfico da figura 6.2 indica a evolução o indicador do consumo de energia desde o início do ano. O valor acumulado foi reduzindo desde a implementação do plano de ações.



*Figura 6.2 - Evolução do consumo de energia elétrica*

### 6.3 Aumento do Índice de Fiabilidade Global

As ações de melhoria implementadas para a redução da taxa de desperdício e redução de energia elétrica ocasionaram o aumento do índice de fiabilidade global das linhas de produção. Estas melhorias resultaram da redução de paragens devido melhores regulações dos equipamentos, melhor controlo das operações de produção e redução dos tempos de reparação. Como mostra na tabela 6.3, o índice no início do ano foi de 87%, e foi aumentado para 90%.

Tabela 6.3 - Índice de fiabilidade global

| Fiabilidade |     |                  |
|-------------|-----|------------------|
| Ano/Mês     | (%) | Acumulado Mês(%) |
| Janeiro     | 87% | 87%              |
| Fevereiro   | 89% | 88%              |
| Março       | 87% | 88%              |
| Abril       | 91% | 89%              |
| Maio        | 93% | 90%              |
| Junho       | 90% | 90%              |
| Julho       | 88% | 90%              |

Os valores mensais foram variáveis no início do ano, mas os valores acumulados mantiveram tendência de crescimento e estabilidade como se indica na figura 6.3.

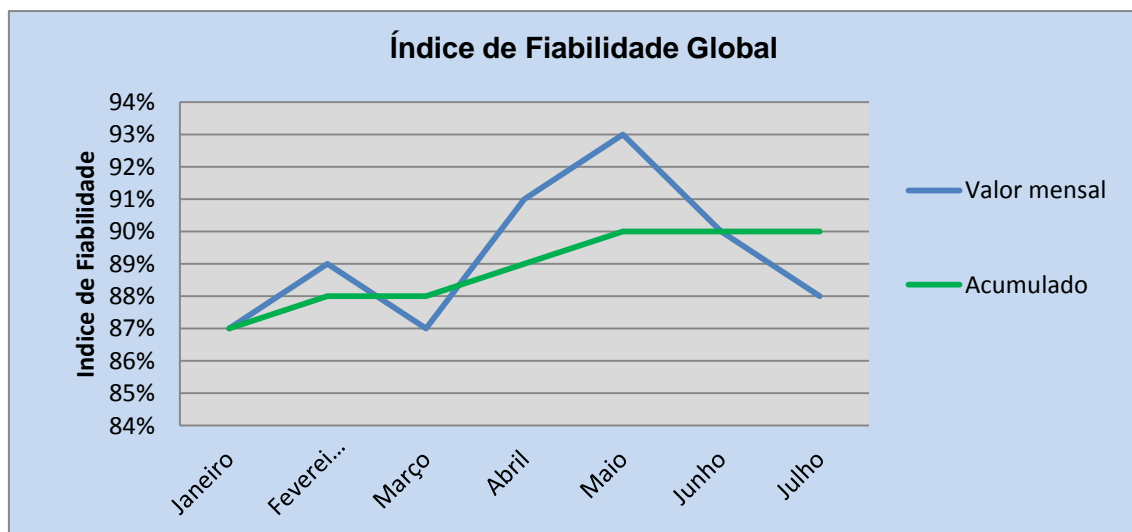


Figura 6.3 - Evolução dos valores do índice de fiabilidade

## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo do estudo foi avaliar as atividades da produção e da manutenção realizadas na empresa e sugerir propostas de melhoria.

Iniciou-se a abordagem pela análise dos principais documentos que gerem as atividades da empresa, nomeadamente o Manual do Sistema de Gestão Integrado da Qualidade, Ambiente e Segurança e os manuais técnicos dos principais equipamentos do processo de fabrico.

As primeiras constatações foram que o processo de fabrico está implementado e planeado. Foi feita uma avaliação permanente da evolução dos indicadores do processo de fabrico e sugeridas algumas melhorias. As atividades da manutenção e produção nomeadamente no planeamento, realização e controlo são geridos pelo mesmo responsável.

Com a implementação e o acompanhamento das atividades dos ciclos *PDCA* realizaram-se ações de melhoria para a redução de desperdícios de papel e redução do consumo de energia elétrica.

Como a formação dos trabalhadores é fundamental para o seu bom desempenho foi dada colaboração na formação de programa informático de gestão provisória da manutenção para facilitar a integração do novo sistema que se prevê seja implementado no futuro.

Para melhorar a codificação de equipamentos existentes foi implementada uma nova codificação para identificação clara e precisa de todos os equipamentos fabris, seus componentes e peças de reserva.

Será estimulante aumentar as atividades de manutenção preditiva, devido aos resultados imediatos que se preveem na deteção de anomalias, ainda em estado precoce, e que irão de certeza, no futuro próximo, dar origem a paragens da produção. Atualmente existem equipamentos no mercado, com baixos custos e de fácil utilização, que deveriam ser utilizados nas atividades de manutenção.

Propõe-se que seja implantado o módulo SAP PM no atual sistema informático da empresa para gestão das atividades da manutenção. O acesso fácil a estes tipos de sistemas e o aumento de produtividade devido à melhor gestão da manutenção sustentam a proposta.

Como atualmente as tarefas da produção e manutenção são da responsabilidade do mesmo colaborador e apesar desta situação ter o benefício de poder promover a gestão de utilização do ativos técnicos de uma forma global e participativa, mesmo assim, sugere-se que seja analisada a possibilidade de existir um responsável só para a área da manutenção.



## BIBLIOGRAFIA

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2006). *Total Productive Maintenance - Strategies and Implementation Guide*.
- Brito, J. N., Lima, P. F., & Portes, D. F. (2005). Sistema de informação e gestão da manutenção de equipamentos industriais - SIGM. *Congresso Brasileiro de Manutenção*.
- CTG Lubrificatios Systems. Acedido a 10-08-2017. (s.d.). Obtido de <http://ctgls.com.au/propel-oil-management>.
- Farinha, J. M. (2011). *Manutenção - A Terologia e As Novas Ferramentas de Gestão*. Lisboa: Monitor.
- FLUKE. (s.d.). *FLUKE*. Obtido em 10-08-2017, de <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/termografia>
- GEM STATE ELECTRIC Surge Testing*. (s.d.). Obtido em 2017-11-30, de <http://gemstateelectric.com/services-surge-testing/>
- Kardec, A., & Nascif, J. (2009). *Manutenção - Função Estratégica. Terceira edição*. Rio de Janeiro: Qualitymark:Petrobras.
- LUCCIOLA*. (s.d.). Obtido em 10-08-2017, de <http://rmocupacional.com.br/inspecoes>
- Lucinda, M. (2010). *Qualidade - Fundamentos e Práticas*. Brasport.
- Maldague, X. (1993). *Advances in Signal Processing for Nondestructive Evaluation of Materials*. Springer-Verlag.
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance* (2ª ed.). Elsevier Science - Butterworth-Heinemann .
- Monchy, F., & Vernier, J. P. (2010). *Maintenance - Méthodes et organisations*. L'Usine Nouvelle.
- Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 Terminologia da Manutenção, CT 94 (APMI) IPQ. (s.d.).
- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos* (2ª ed.). (F. –F. Lisboa., Ed.)
- Pinto, C. (2002). *Organização e Gestão da Manutenção* (2ª ed.). Monitor- Projetos e Edições, Lda.

- Quatro Ases. (s.d.). *4 Ases Comércio de Materiais Elétricos Ltda*. Obtido em 2017-08-10, de <http://www.quatroases.com>
- Ramirez, A. G. (2012). *Smart Sensor for Online Detection of Multiple-Combined Faults in VSD-Fed Induction Motors*. Obtido em 2017-08-10, de <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11989/htm>.
- Sacopor – Sociedade de Embalagens e Sacos de Papel, S. A. (2015). *Manual de Gestão Integrado - Qualidade, Ambiente e Segurança*. Alenquer.
- Smith, R., & Hawkings, B. (2004). *Lean Maintenance – Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK: Elsevier Butterworth–Heinemann.
- Stamatis, D. (2010). *The OEE Primer - Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. New York: Productivity Press Taylor & Francis Group .
- Sullivan, G. P., Pugh, R., Melendez, A., & Hunt, W. (2004). *Operations & Maintenance, Best Practices, A Guide to Achieving Operational Efficiency*. Prepared by Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program U.S. Department of Energy.
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*. (P. Press, Trad.) New York: Japan Institute of Plant Maintenance.
- Veratti, A. B. (s.d.). *Sistema Básico de Inspeção Termográfica*. Obtido em 2017-12-05, de SCRIBD: <https://pt.scribd.com/document/371583556/SBIT3a>
- Werkema, C. (2012). *Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora.

# ANEXOS

## Anexo 1 - Plano de Lubrificação

Tabela A1 - Plano de lubrificação da linha 1

| PLANO DE LUBRIFICAÇÃO - LINHA 1 |                                   |              |  |                 |                           |                    |                                  |                       |                             |                              |             |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|--|-----------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| Linha                           | Máquina Zona                      | Cofificação  | Componente   | Ação            | Lubrificante<br>DIN 51502 | Period.<br>(horas) | Periodicidade<br>(Aprox.) (dias) | Agente utilizado      | Data Última<br>Lubrificação | Data Próxima<br>Lubrificação | Estado      |
| Linha 3                         | Impressora                        | 1-P-IMTU-001 | Bomba de lubrificação central  | Lubrificar      | Massa Fina<br>MP 2/3      | 40                 | 7                                | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-08                   | Executar    |
| Linha 3                         | Impressora                        | 1-P-IMTU-002 | Chumaceira do rolos dos carimbos (se bomba não funcional)                      | Lubrificar      | Massa Fina<br>MP 2/3      | 40                 | 7                                | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-08                   | Executar    |
| Linha 3                         | Torres de desenrolam. das bobines | 1-P-TU-001   | Guia dos veios que baixam as bobines   | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Torres de desenrolam. das bobines | 1-P-TU-002   | Guia dos veios das torres das bobines  | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Torres de desenrolam. das bobines | 1-P-TU-003   | Fuso do braço do oscilante   | Lubrificar      | K2K                       | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-004   | Rolos de aplicação de cola   | Lubrificar      | CLP100                    | 2000               | 120                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-005   | Veio das serras de corte   | Lubrificar      | CLP100                    | 2000               | 120                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-006   | Veios de afinação  | Lubrificar      | CLP100                    | 2000               | 120                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-007   | Zona de correias parte de trás MT portas                                       | Lubrificar      | K2K                       | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-008   | Cardans na parte de trás MT portas   | Lubrificar      | K2K                       | 6000               | 365                              | bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-009   | Cardans na parte de trás MT portas   | Lubrificar      | K2K                       | 6000               | 365                              | bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-010   | Caixa redutora parte traseira MT portas  | Verificar nível | CLP PG68                  | 6000               | 365                              | Mudar óleo            | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-011   | Caixa redutora parte traseira MT portas  | Verificar Nível | CLP PG68                  | 6000               | 365                              | Mudar óleo            | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-012   | Caixa redutora parte traseira MT portas  | Verificar Nível | CLP PG68                  | 6000               | 365                              | Mudar óleo            | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-013   | Rolos de aplicação de cola (lado da parede)                                    | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Rolos das serras e pingos da cola | 1-P-TU-015   | Rolos de aplicação de cola   | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Zona dos discos da cola           | 1-P-TU-016   | Discos da cola   | Lubrificar      | K2K                       | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Zona dos discos da cola           | 1-P-TU-017   | Cardans nos discos da cola   | Lubrificar      | K2K                       | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Zona dos martelos                 | 1-P-TU-018   | Cardans nos veios na zona das correias dos martelos traseira zona dos martelos | Lubrificar      | K2K                       | 6000               | 365                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Zona dos martelos                 | 1-P-TU-019   | Caixa redutora traseira dos martelos   | Lubrificar      | CLP PG 68                 | 6000               | 365                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Tela à saída da máquina de tubos  | 1-P-TU-020   | Abertura da guia da saída dos tubos  | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Tela à saída da máquina de tubos  | 1-P-TU-021   | Redutor da Flecha  | Lubrificar      | CLP 460                   | 6000               | 365                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Zona de formação e packets        | 1-P-TU-022   | Rolo da tela de formação de packets  | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Arcomat                           | 1-P-PA-001   | Cardans  | Lubrificar      | K2K-20                    | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Arcomat                           | 1-P-PA-002   | Chumaceiras  | Lubrificar      | K2K-20                    | 2000               | 120                              | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Alimentador                       | 1-P-FU-004   | Pontos de lubrificação   | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Alimentador                       | 1-P-FU-005   | Veio dos roters do alimentador   | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Alimentador                       | 1-P-FU-006   | Bombas de Vácuo  | Lubrificar      | K3G                       | 2000               | 120                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2017-11-29                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-007   | Caixa redutora   | Verificar óleo  | CLP PG 68                 | 5000               | 365                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-008   | Pontos de lubrificação de casquilhos e rolamentos                              | Lubrificar      | K2K                       | 500                | 30                               | Bomba de massa        | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-011   | Cardans na zona das ventosas   | Lubrificar      | KP2K                      | 5000               | 365                              | Bomba das massa       | 2017-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-013   | Caixa redutora do conjunto das ventosas  | Verificar Nível | CLP PG 68                 | 10000              | 730                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2019-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-017   | Engrenagem do tempo de paragem dos garfos                                      | Lubrificar      | K2K                       | 200                | 15                               | Bomba de massa manual | 2017-09-01                  | 2017-09-16                   | Executar    |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-019   | Afinador do tempo de paragem   | Lubrificar      | K2K                       | 200                | 15                               | Bomba de massa manual | 2017-08-01                  | 2017-08-16                   | Executar    |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-025   | Caixa redutora das impressoras das folhas de reforço                           | Verificar óleo  | CLP 220                   | 10000              | 730                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2019-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-028   | Correntes da zona de contagem de sacos   | Lubrificar      | CGLP 220                  | 500                | 30                               | Bomba de massa manual | 2017-08-01                  | 2017-08-31                   | Executar    |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-029   | Caixa redutora zona da prensagem   | Verificar óleo  | CGLP 220                  | 10000              | 730                              | Bomba de óleo manual  | 2017-08-01                  | 2019-08-01                   | Lubrificado |
| Linha 3                         | Máquina De Fundos                 | 1-P-FU-030   | Caixa redutora da zona do virador  | Verificar óleo  | CGLP 220                  | 10000              | 730                              | Bomba de óleo manual  | 2016-08-01                  | 2018-08-01                   | Lubrificado |

## Anexo 2 – Registo de Lubrificação

Tabela A2 - Registo de lubrificação mensal

Linha: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_  
 Rúbrica: \_\_\_\_\_

**Registo de Lubrificação Mensal**

| Lubrificação:   | Lubrificante                  | Executado | Não Executado | Observações |
|---|-------------------------------|-----------|---------------|-------------|
| Chumaceira dos rolos de crómio – Impressora                                   | GP 00 G-20                    |           |               |             |
| Chumaceira dos rolos de borracha – Impressora                                 | GP 00 G-20                    |           |               |             |
| Fuso de ajustamento (torre de impressão) - Impressora                         | Massa Fina MP 2/3 (interflon) |           |               |             |
| Bomba - depósito de massa – Impressora  | Massa Fina MP 2/3 (interflon) |           |               |             |
| Vaso de óleo (manómetro – purgador ar) – Impressora                           | HLP 32                        |           |               |             |
| Verificar nível caixas de transmissão – Máquina de tubos                      | CLP PG 6                      |           |               |             |
| Copos de lubrificação – Máquina de tubos                                      | GP 00 G-20                    |           |               |             |
| Cardans de transmissão – Máquina de tubos                                     | KP2K                          |           |               |             |
| Alimentador - tuchos dos tubos de vácuo – Máquina de Fundos                   | CLP 100                       |           |               |             |
| Alimentador - cames dos tubos de vácuo – Máquina de Fundos                    | CLPG 220                      |           |               |             |
| Alimentador - eixo principal do rotor – Máquina de Fundos                     | K2K                           |           |               |             |
| Cardans de transmissão – Máquina de Fundos                                    | KP2K                          |           |               |             |
| Verificar nível de lubrificante das caixas de transmissão – Máquina de Fundos | CLP PG 68                     |           |               |             |
| Engrenagens de mudança de comprimento da folha e da dobra – Máquina de Fundos | GP 00 G 20                    |           |               |             |



### Anexo 3 – Pedido de Intervenção

|  |  |                       |                       |             |                              |
|--|--|-----------------------|-----------------------|-------------|------------------------------|
|  |  | PEDIDO DE INTERVENÇÃO |                       | N.º PEDIDO: |                              |
| A PREENCHER POR QUEM DETECTA A ANOMALIA                | LOCAL  |                       | MÁQUINA / EQUIPAMENTO |             |                              |
|  | SECTOR DO EQUIPAMENTO  |                       |                       |             |                              |
|  | BREVE DESCRIÇÃO DA ANOMALIA (a preencher pelo requerente)  |                       |                       |             |                              |
|  |  |                       |                       |             |                              |
|  | Nome:  |                       | Turno:                |             | Data: ____/____/____ Hora: h |
| A PREENCHER PELO RESPONSÁVEL DA PRODUÇÃO E CONSERVAÇÃO | ANÁLISE DAS CAUSAS   |                       |                       |             |                              |
|  | <div> <input type="checkbox"/> Muito Urgente             <input type="checkbox"/> Urgente             <input type="checkbox"/> Normal         </div> |                       |                       |             |                              |
|  | DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO A EFECTUAR  |                       |                       |             |                              |
|  |  |                       |                       |             |                              |

|  |                              |                    |
|--|------------------------------|--------------------|
|  | <b>PEDIDO DE INTERVENÇÃO</b> | <b>N.º PEDIDO:</b> |
|--|------------------------------|--------------------|

**A PREENCHER PELA EQUIPA DE INTERVENÇÃO**

**RELATÓRIO DA INTERVENÇÃO PARA REGISTO HISTÓRICO:**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**MATERIAIS UTILIZADOS**

| Código | Descrição | Qtd. |
|--------|-----------|------|
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |
|        |           |      |

**MÃO DE OBRA** (*Nome dos colaboradores envolvidos e tempos respectivos*)

| Nome | Início | Fim | Tempo total |
|------|--------|-----|-------------|
|      |        |     |             |
|      |        |     |             |
|      |        |     |             |

**TOTAL HORAS / HOMENS:**

|  |
|--|
|  |
|--|

**Serviços de Terceiros**

| Entidade | Data |
|----------|------|
|          |      |
|          |      |

Responsável de Produção e Conservação \_\_\_\_\_
\_\_\_\_\_

*Figura A1 - Pedido de intervenção*

## Anexo 4 – Registo da Limpeza Semanal

Tabela A3 - Registo da limpeza semanal

| Registo de Limpeza Semanal<br>Máquina de Fundos                             |           |               |                |
|---|-----------|---------------|----------------|
|   |           |               | Linha: _____   |
|   |           |               | Data: _____    |
|   |           |               | Rúbrica: _____ |
| Actividade:   | Executado | Não Executado | Observações    |
| Limpar alimentador (filtros e tubagem de vácuo) e fossa de tubos rejeitados |           |               |                |
| Limpar alinhador de tubos   |           |               |                |
| Limpar sistema de transporte do saco (correias, patins e roletes)           |           |               |                |
| Limpar vincadores longitudinais   |           |               |                |
| Limpar estação de vácuo (filtros) e garfos para abertura do fundo           |           |               |                |
| Lavar conjunto de aplicação da folha da válvula                             |           |               |                |
| Limpar vincadores do fundo  |           |               |                |
| Lavar conjunto de colagem dos fundos - lado da válvula                      |           |               |                |
| Lavar conjunto de colagem dos fundos - lado oposto à válvula                |           |               |                |
| Lavar mesa de formação do fundo - lado da válvula                           |           |               |                |
| Lavar mesa de formação do fundo – lado oposto à válvula                     |           |               |                |
| Lavar conjunto de aplicação da folha de fundo - lado da válvula             |           |               |                |
| Lavar conjunto de aplicação da folha de fundo - lado oposto à válvula       |           |               |                |
| Lavar bronzes - lado da válvula   |           |               |                |
| Lavar bronzes - lado oposto à válvula                                       |           |               |                |

## Anexo 5 – Planta das Instalações

- 1 – Armazém de matérias-primas – bobinas de papel, colas e tintas de impressão
- 2 – Edifício técnico de apoio – Oficina elétrica, oficina mecânica, preparação da cola, armazém de carimbos de impressão.
- 3 – Linhas de Produção 1, 2 e 3
- 4 – Armazém de secagem de sacos,
- 5 – Área técnica – Sala de compressores, sala das bombas de vácuo, sala de baterias, sala elétrica, sala de bombas de água do circuito de emergência.
- 6 – Máquina de cintar, armazenamento de resíduos de papel.
- 7 – Armazém de sacos e expedição
- 8 – Edifício administrativo

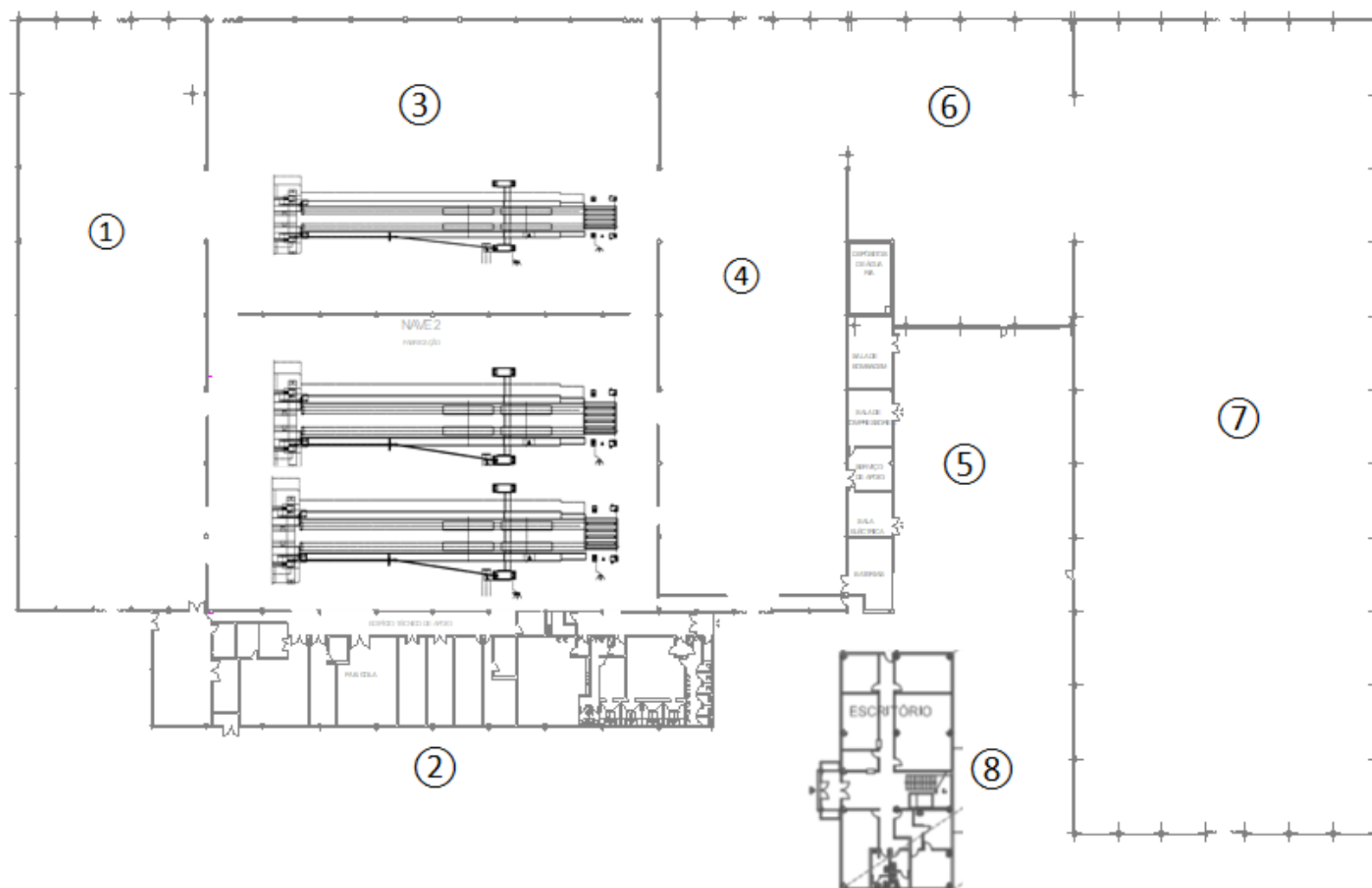


Figura A2 - Planta das instalações

## Anexo 6 – Código dos Equipamentos Principais

*Tabela A4 - Códigos dos equipamentos principais*

| Código     | Máquina                             | Modelo                    |
|------------|-------------------------------------|---------------------------|
| P-IM-01.00 | Impressora flexográfica n.º 1       | Flexa 820                 |
| P-IM-02.00 | Impressora flexográfica n.º 2       | Alina 1209                |
| P-IM-03.00 | Impressora flexográfica n.º 3       | Flexa 820                 |
| P-TU-01.00 | Produção de Tubos n.º 1             | AM 2185                   |
| P-TU-02.00 | Produção de Tubos n.º 2             | AM 2145 S                 |
| P-TU-03.00 | Produção de Tubos n.º 3             | AM 2185                   |
| P-TR-01.00 | Transportadores n.º 1               | Transystems               |
| P-TR-02.00 | Transportadores n.º 2               | Transystems               |
| P-TR-03.00 | Transportadores n.º 3               | Transystems               |
| P-FU-01.00 | Produção de Fundos n.º 1            | Fundos AD 2377            |
| P-FU-02.00 | Produção de Fundos n.º 2            | Fundos AD 2378            |
| P-FU-03.00 | Produção de Fundos n.º 3            | Fundos AD 2390            |
| P-TP-01.00 | Telas de prensagem n.º 1            | Transystems               |
| P-TP-02.00 | Telas de prensagem n.º 2            | Transystems               |
| P-TP-03.00 | Telas de prensagem n.º 3            | Transystems               |
| P-PA-01.00 | Paletizadora n.º 1                  | Arcomat 60                |
| P-PA-02.00 | Paletizadora n.º 2                  | Arcomat 2                 |
| P-PA-03.00 | Paletizadora n.º 3                  | Arcomat 3                 |
| P-MC-01.00 | Máquina de cintar n.º 1             | OMS                       |
| P-BC-01.00 | Bomba de cola dos aplicadores n.º 1 | Steimel- T 6-80 PDD-GKGM  |
| P-BC-02.00 | Bomba de cola dos aplicadores n.º 2 | Steimel - T 6-80 PDD-GKGM |
| P-BC-03.00 | Bomba de cola dos aplicadores n.º 3 | Steimel - T 6-80 PDD-GKGM |
| P-BC-04.00 | Bomba de transporte de cola n.º 1   | Netzsch-Nemo-NE40B        |
| P-BC-05.00 | Bomba de transporte de cola n.º 2   | Netzsch-Nemo-NE40B        |
| P-BC-06.00 | Bomba de transporte de cola n.º 3   | Netzsch-Nemo-NE40B        |
| P-BV-01.00 | Produção de vácuo - Rietschle n.º 1 | VFT 250 - Palhetas        |
| P-BV-02.00 | Produção de vácuo - Rietschle n.º 2 | VFT 80 - Palhetas         |
| P-BV-03.00 | Produção de vácuo - Rietschle n.º 3 | VFT 250 - Palhetas        |
| P-BV-04.00 | Produção de vácuo - Rietschle n.º 4 | VFT 80 - Palhetas         |
| P-BV-05.00 | Produção de vácuo - Busch n.º 1     | MM1102AV - Garras         |
| P-BV-06.00 | Produção de vácuo - Busch n.º 2     | MM1252AV - Garras         |
| P-CP-01.00 | Compressor de ar - Hydrovane n.º 1  | 21808-200                 |
| P-CP-02.00 | Compressor de ar - Hydrovane n.º 2  | 21808-200                 |
| P-CP-03.00 | Compressor de ar - Hydrovane n.º 3  | PVA5083835S000            |
| P-SE-01.00 | Secador de ar - Hiross n.º 1        | ESSIC.DXB071S.S           |
| P-SE-02.00 | Secador de ar - Hiross n.º 2        | NXB071H351311110130       |
| P-SE-03.00 | Secador de ar - Hiross n.º 3        | NXB071H351311110130       |
| M-EP-01.00 | Empilhador - Komatsu n.º 1          | FB20-1E                   |
| M-EP-02.00 | Empilhador - Komatsu n.º 2          | FB20-3                    |
| M-EP-03.00 | Empilhador - Komatsu n.º 3          | FB16M-2E                  |
| M-EP-04.00 | Empilhador - Komatsu n.º 4          | FB16M-2                   |
| M-VR-01.00 | Varredora-American Lincoln n.º 1    | 7760                      |
| U-CA-01.00 | Caldeira de aquecimento de água     | CTA                       |